Anatomia şi fiziologia omului

Reacţiile comportamentale şi sistemele de comunicare şi integrare

(suport de curs)

lect. dr. Irina Pop-Păcurar

Cursul şi seminarul abordează noţiunile fundamentale de anatomie şi fiziologie dar accentuează studiul substratului anatomic al *funcţiilor de relaţie* ale organismului uman. Funcţionarea corelativă a sistemului nervos şi a analizatorilor în procesul de prelucrare analitică şi sintetică a informaţiilor interesează în mod dosebit pregătirea studenţilor în specialitatea psihopedagogie specială.

Sunt identificate structurile şi mecanismele fiziologice implicate în desfăşurarea proceselor psihice de cunoaştere şi de adaptare la mediu precum şi unele elemente de fiziologie a proceselor emoţionale. De asemenea, sunt analizate cauzele anatomice şi/sau funcţionale ale unor dizabilităţi senzorio-motorii.

Secţiunea A

Rolul sistemului nervos în coordonarea organismului

Curs 1

Componentele sistemului nervos

Neuronul, structură şi proprietăţi funcţionale – I (excitabilitatea)

i. Neuronul ii)

Secţiune 1.02 Structuri şi categorii neuronale

Neuronul este unitatea structurală şi funcţională a sistemului nervos, fiind o celulă specializată în recepţionarea şi transmiterea rapidă a informaţiilor, datorită capacităţii pe care o are de a conduce impulsurile electrice, precum şi de a secreta şi elibera neurotransmiţători.

Aceste proprietăţi ale neuronului permit sistemului nervos să coordoneze activitatea aparatelor şi sistemelor organismului.

Din punct de vedere structural prezintă un *corp celular* (pericarion) şi două tipuri de prelungiri:

- unele scurte, subţiri, ramificate numite *dendrite*, şi
- o prelungire unică, mai lungă şi mai groasă, divizată în porţiunea ei terminală numită *axon*.

Din punct de vedere funcţional definim trei regiuni neuronale:

 receptoare, reprezentată de dendrite şi corpul celular
 conducătoare, reprezentată de prelungirea axonică
 o regiune *efectoare*, reprezentată de butonii terminali ai axonului.

Zona receptoare este specializată în recepţionarea şi procesarea informaţiilor. Această zonă se află în legătură cu sinapsa, membrana plasmatică a dendritelor şi somei reprezentând componenta *postsinaptică*.

Zona conducătoare este o structură specializată în conducerea potenţialului de acţiune. Membrana plasmatică a axonului este adaptată structural pentru îndeplinirea acestei funcţii.

Zona efectoare intră în alcătuirea sinapsei, reprezentând componenta *presinaptică* a acesteia.

Dendritele şi corpul celular sunt acoperite de o *membrană plasmatică* (neurilemă). Această membrană are o structură lipoproteică, permiţând trecerea cu uşurinţă a substanţelor liposolubile prin întreaga sa suprafaţă, iar a substanţelor hidrosolubile doar prin porii săi. Membrana plasmatică este selectiv permeabilă pentru ioni, fiind polarizată electric.

Corpul celular conţine un *nucleu* cu unu sau doi nucleoli, organite celulare comune tuturor celulelor şi organite celulare specifice. Neuronul nu posedă centriol, deoarece nu se divide.

Organitele celulare comune sunt reticulul endoplasmic, aparatul Golgi şi mitocondriile. *Organitele celulare specifice* sunt corpusculii Nissl şi neurofibrilele:

 Corpusculii Nissl conţin ribozomi, alcătuiţi din ARN, cu rol în sinteza proteinelor.

 Neurofibrilele deţin un rol structural, dar se pare că sunt implicate şi în transportul proteinelor, al veziculelor cu mediator şi al unor substanţe care asigură integritatea structurală şi funcţională a celulei.

Axonul este numit şi fibră nervoasă, având în vedere faptul că este prelungirea unică, lungă. Axonii neuronilor formează *căile de conducere ascendente şi descendente* din sistemul nervos central şi periferic.

La capătul distal axonii sunt ramificaţi, formând *arborizaţia*

terminală, structură implicată în transmiterea sinaptică a impulsului nervos de la un neuron la altul.

Membrana plasmatică neuronală de la nivelul axonului este numită *axolemă* şi este învelită de trei teci:

- teaca de mielină,
- teaca lui Schwann şi
- teaca lui Henle.

Teaca de mielină este situată cel mai la interior, având structură lipoproteică şi rol de izolator electric. Ea este produsă de celulele Schwann. Fibrele nervoase care deţin teacă de mielină se numesc fibre mielinizate (sau fibre mielinice) şi au o viteză mare de conducere a impulsului nervos.

Peste teaca de mielină se găseşte *teaca lui Schwann*, fiind formată din celule Schwann, care sunt *celule gliale*. Celulele Schwann învecinate nu se ating, între ele existand un spaţiu numit *strangulaţie Ranvier*. La nivelul strangulaţiei sau nodului Ranvier mielina lipseşte. Rolul strangulaţiilor Ranvier este de a permite conducerea *saltatorie* a impulsului nervos, posibilă în consecinţă la nivelul fibrelor mielinice.

Teaca lui Henle se află la exterior, este de natură conjunctivă şi este implicată în nutriţia şi protecţia neuronului.

Din punct de vedere al numărului de prelungiri, neuronii pot fi:

- *unipolari* (care au o singură prelungire axonică),
- *pseudounipolari* (aparent, o singură prelungire axonică),
- *bipolari* (avand dendrita şi axonul ieşind din corpul celular la poli opuşi),
- *multipolari* (cu un singur axon şi mai multe dendrite).

O clasificare după criteriul funcţional a neuronilor prezintă:

- neuroni *aferenţi* (senzitivi),
- neuroni *eferenţi* (motori) şi
- neuroni *intercalari* (de asociaţie).

Neuronii aferenţi, se află la capătul lor distal în legătură cu receptorii, transmiţând informaţia de la aceştia la SNC.

Neuronii eferenţi transmit informaţia de la SNC la structurile efectoare de tip motric sau glandular.

Neuronii intercalari, reprezentând 99% din totalitatea neuronilor se

găsesc integral în SNC. Cu cât activitatea îndeplinită este mai complexă, cu atât numărul de neuroni intercalari este mai mare. Activităţile reflexe simple pot chiar să nu necesite prezenţa unui neuron intercalar, în timp ce procese psihice mai complexe, ca de exemplu memoria implică milioane de neuroni intercalari.

(a) Proprietăţile funcţionale ale neuronilor

Neuronii prezintă trei proprietăţi fundamentale: excitabilitatea, conductibilitatea, degenerescenţa/regenerarea. Aceste trei proprietăţi funcţionale condiţionează funcţionarea sistemului nervos.

I. Excitabilitatea

Excitabilitatea este proprietatea pe care o au toate celulele vii de a reacţiona la acţiunea unui stimul prin modificări la nivelul membranei plasmatice celulare, consecinţa acestor modificări fiind generarea unui *potenţial electric*.

Neuronul este cea mai excitabilă celulă. Excitabilitatea maximă pe care neuronul o prezintă este unul din factorii care garantează capacitatea sistemului nervos de a integra şi coordona funcţiile organismului, precum şi de a stabili o relaţie adecvată a organismului cu mediul.

Prin *excitant* sau *stimul* se înţelege orice factor de mediu a cărui energie variază, această variaţie de energie fiind investită la nivel celular cu valoare informaţională. Stimulii pot fi mecanici, termici, chimici, electrici.

Există câteva condiţii pe care un stimul trebuie să le îndeplinească pentru a determina această reacţie din partea unei celule vii. Aceste condiţii sunt cunoscute sub numele de legile generale ale excitabilităţii:

1. Pentru a produce excitaţia stimulul trebuie să aibă o anumită valoare minimă. Valoarea minimă a stimulului care produce această reacţie este denumită *intensitate prag sau liminară*. Stimulii cu valoare sub valoarea prag sunt numiţi subliminari, iar cei cu valoare peste valoarea prag sunt numiţi stimuli supraliminari.

2. *Stimulii subliminari* determină doar reacţii locale la nivel membranar, ei nu generează un potenţial de acţiune. In cazul în care acţiunea stimulilor subliminari este repetată şi cu frecvenţă de o

anumită valoare ei pot genera un potenţial de acţiune.

3. *Stimulii supraliminari* vor determina aceeaşi reacţie din partea celulei ca şi cei liminari, situaţie cunoscută sub numele de legea totul sau nimic.

4. O altă lege se referă la *fenomenul de acomodare*, care constă în faptul că o celulă care este stimulată cu un stimul a cărui intensitate creşte lent se va acomoda (datorită creşterii pragului de excitabilitate a ţesutului). Prin urmare pentru a evita adaptarea, stimulul trebuie să acţioneze cu a anumită bruscheţe.

5. Stimularea repetată cu un stimul de aceeaşi natură determină *modificarea temporară a pragului de excitabilitate* al celulei în raport cu acel stimul.

6. Excitarea unui ţesut nu este posibilă decât dacă stimulul acţionează un anumit interval de *timp*, necesar desfăşurării proceselor fizico-chimice care stau la baza generării potenţialului electric

Potenţialul membranar de repaus

În condiţii de repaus (în absenţa stimulării) o celulă se caracterizează prin prezenţa unei diferenţe de potenţial între faţa externă şi cea internă a membranei sale, în sensul că *faţa externă este încărcată pozitiv iar cea internă este încărcată negativ*. Acesta este potenţialul membranar de repaus (PMR), valoarea sa fiind în cazul neuronului de aproximativ -70 mV.

Sub acţiunea unui stimul *care îndeplineşte condiţiile precizate în legile generale ale sensibilităţii*, valoarea PMR se poate modifica, în aceste condiţii fiind produs *potenţialul de acţiune* (PA). În cadrul sistemului nervos informaţia circulă la distanţă sub forma PA.

PMR se caracterizează printr-un exces de ioni negativi în interiorul celulei şi un exces de ioni pozitivi în exterior.

La producerea PMR contribuie mai mulţi factori:

- transportul activ de Na+ şi K+ prin membrană;
- difuziunea ionilor;
- echilibrul de membrană Donnan.

Transportul activ de Na+ şi K+ este realizat de *pompa de Na+ şi K+*, care expulzează la fiecare intervenţie a sa trei ioni de Na+ şi introduce doi ioni de K+. Avand în vedere că se elimină din celulă mai multe

sarcini pozitive decât se introduc, interiorul celulei se negativizează din punct de vedere electric. Acest mecanism determină instalarea unor gradiente (diferenţe) de concentraţie de o parte şi alta a membranei neuronale.

Difuziunea ionilor prin membrană (proces pasiv de transport) este posibilă datorită *inegalităţii de distribuţie a ionilor de Na+ şi K+* de o parte şi de cealaltă a membranei.

Mecanismele de transport pasiv şi activ sunt astfel coordonate în celulă încat interiorul celulei nu se echilibrează cu mediul extracelular. Stările celor două medii, intracelular şi extracelular sunt *staţionar diferite*. Datorită acestui fapt concentraţia intracelulară a Na+ este menţinută la un nivel scăzut constant, iar concentraţia intracelulară a K+ este menţinută la un nivel constant ridicat, deşi atât Na+ cât şi K+ intră şi ies în permanenţă din celulă.

În concluzie, gradientele de concentraţie ale celor doi ioni sunt meţinute constante, prin intervenţia mecanismelor de transport pasiv (difuziunea ionilor de Na+ şi K+) şi activ (pompa de Na+ şi K+). La o valoare a PMR de -70 mV, nici Na+ şi nici K+ nu se află la potenţialul de echilibru, *existand un continuu eflux* (*ieşire*) *de K+ şi un continuu influx* (*intrare*) *de Na+*. Na+ pătruns în permanenţă în celulă, respectiv K+ expulzat permanent la exterior nu vor creşte concentraţiile ionilor în mediile respective, deoarece Na+ pătruns în permanenţă în celulă, respectiv K+ expulzat permanent la exterior vor fi trimişi permanent înapoi în compartimentele lor prin intervenţia activă a pompei de Na+ şi K+.

Al treilea factor care contribuie la realizarea şi menţinerea PMR (starea electrică a celulei aflate în repaus) este echilibrul de membrană Donnan. Aceasta constă în faptul că *macromoleculele proteice încărcate negativ* nu pot părăsi celula, accentuand încărcarea electrică negativă a feţei interne a membranei celulare.

i) _____

ii) Fixaţi cunoştinţele!

iii)

iv) Analizaţi cu atenţie imaginile care urmează:

 Observaţi şi descrieţi tipurile de neuroni (Fig. 1)

 Observaţi organitele comune şi specifice prezente în pericarion (Fig. 2)

 Delimitaţi regiunile funcţionale ale neuronuluii (Fig. 3)

 Observaţi formarea şi dispunerea mielinei la nivelul axonului (Fig. 4, 5, 6). Cine produce teaca de mielină?

 Adnotaţi (completaţi cu explicaţii) Fig. 5

 Stabiliţi cum acţionează pompa de Na+ şi K+, observând şi Fig. 7. Care sunt factorii care contribuie la producerea PMR?

Fig. 1

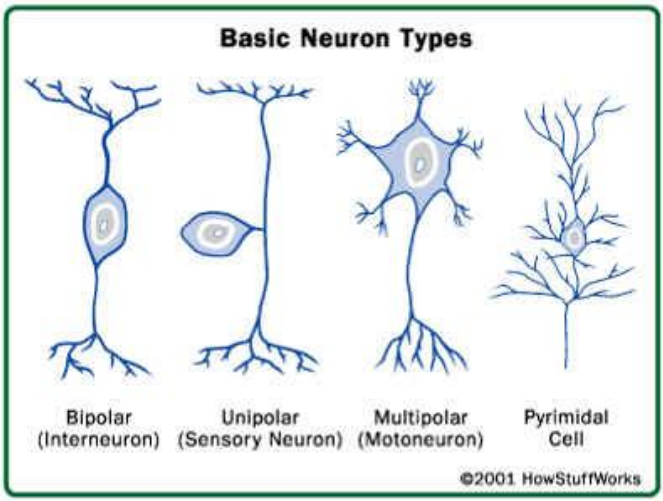


Fig. 2

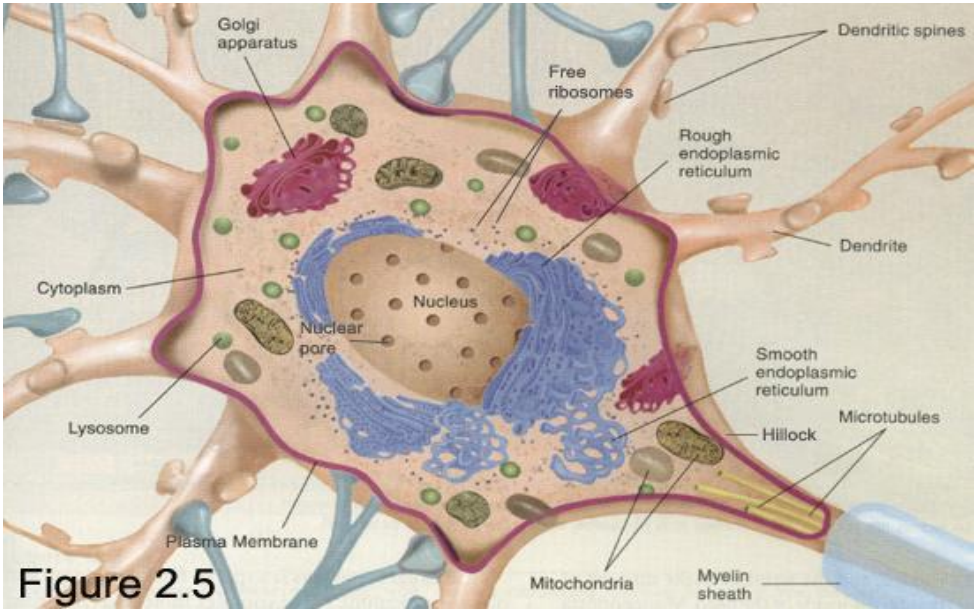

Golgi apparatus
Free ribosomes
Dendritic spines
Rough endoplasmic reticulum
Dendrite
Cytoplasm
Nucleus
Nuclear pore
Smooth endoplasmic reticulum
Microtubules
Lysosome
Hillock
Plasma Membrane
Mitochondria
Myelin sheath
Figure 2.5

Fig. 3

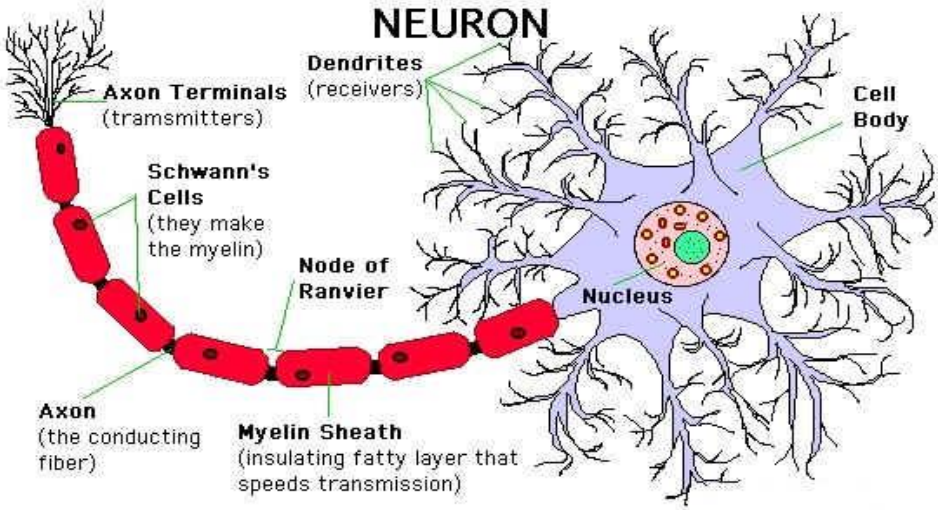

NEURON
Dendrites
(receivers)
Axon Terminals
(tramsmitters)
Cell
Body
Schwann's
Cells
(they make
the myelin)
Node of
Ranvier
Nucleus
Axon
(the conducting
fiber)
Myelin Sheath
(insulating fatty layer that
speeds transmission)

Fig. 4

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

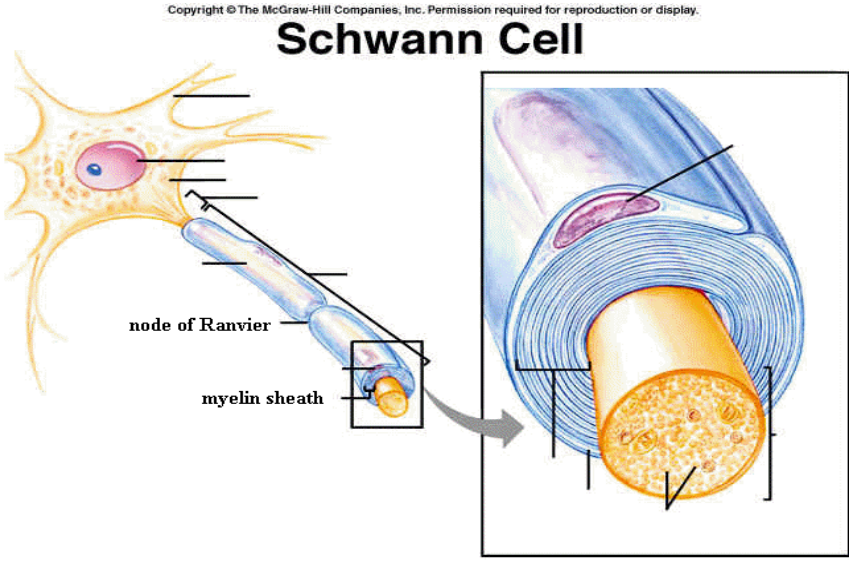


Fig. 5

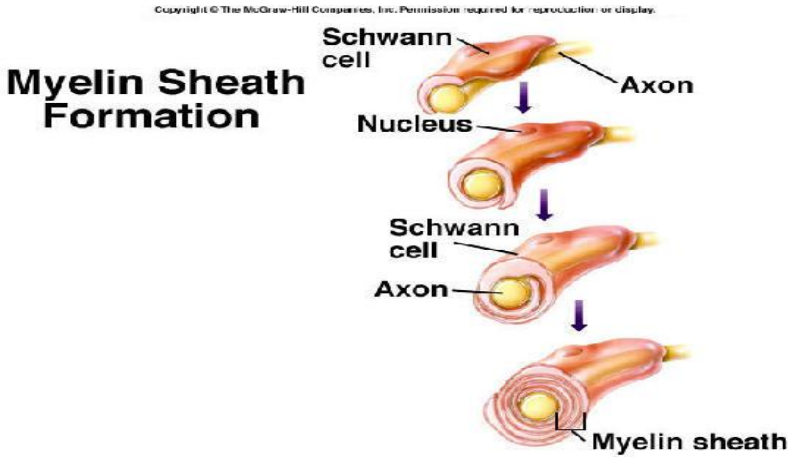

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.
Myelin Sheath Formation
Schwann cell
Axon
Nucleus
Schwann cell
Axon
Myelin sheath

Fig. 6

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

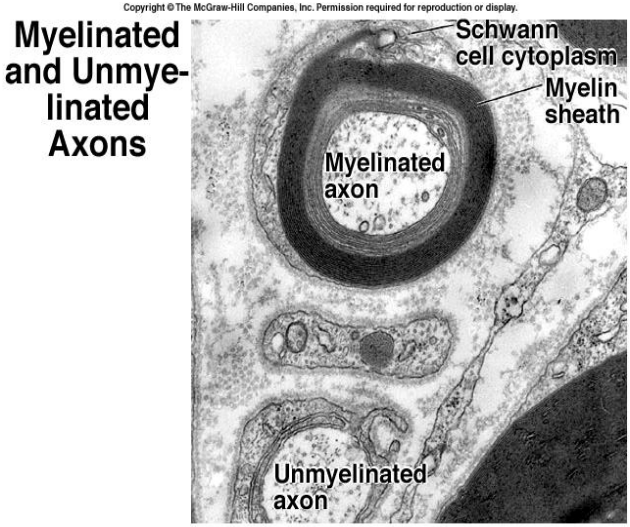
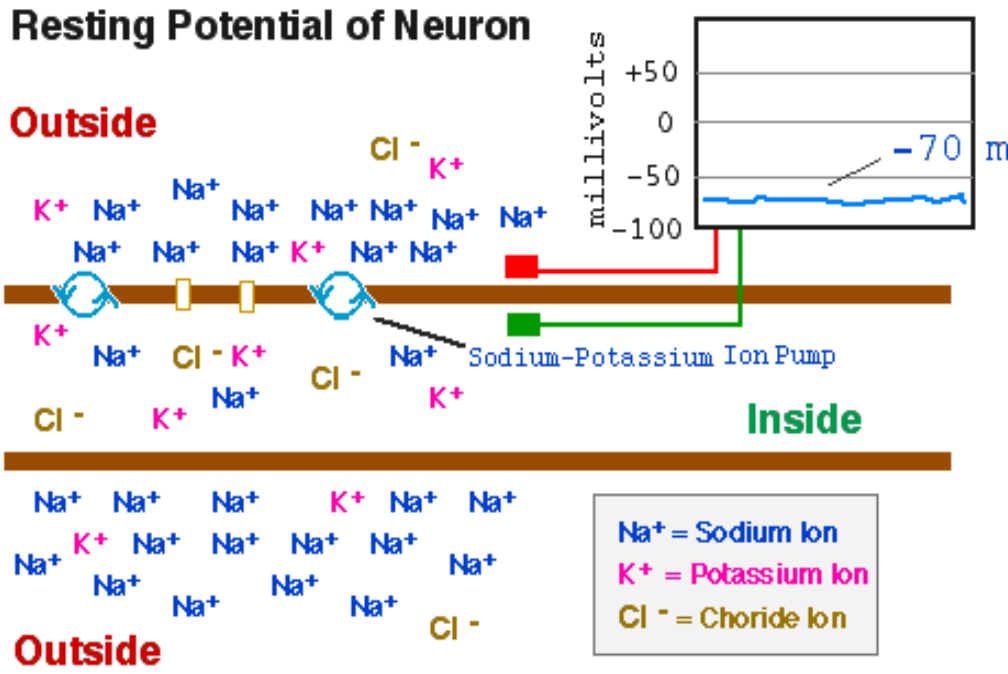


Fig. 7



Curs 2

Neuronul, structură şi proprietăţi funcţionale – II

(conductibilitatea, degenerescenţa / regenerarea fibrelor nervoase)

Potenţialul de acţiune (PA) reprezintă succesiunea de modificări ale potenţialului de repaus care apar după stimularea supraliminară a unei celule.

PA constă în ştergerea diferenţei de potenţial între interiorul şi exteriorul celulei şi în *încărcarea electrică inversă a membranei* care devine pozitivă în interior şi negativă la exterior. Potenţialul de acţiune este o modificare rapidă locală a PMR, avand o durată foarte mică.

In timpul generării unui PA şi apoi al revenirii la PMR au loc *două evenimente majore*: depolarizarea şi repolarizarea, care se petrec într-o succesiune de etape care este consecinţa modificărilor de

excitabilitate membranară.

Analiza acestor etape este importantă pentru înţelegerea producerii PA:

a. depolarizarea lentă – se caracterizează prin faptul că la locul de acţiune al stimulului se deschid în membrana celulei mai multe canale pentru Na+, ceea ce va determina *pătrunderea lentă a ionilor de Na+ în celulă*. Consecutiv acestei pătrunderi potenţialul membranar devine -55 mV, membrana devenind mai puţin polarizată.

b. depolarizarea rapidă – permeabilitatea pentru Na+ creşte de câteva sute de ori, ceea ce va determina deschiderea unui număr foarte mare de canale transmembranare pentru Na+ şi *pătrunderea masivă a Na+ în celulă*. Polaritatea membranei va scădea vertiginos pană la atingerea punctului izoelectric (în acest moment numărul sarcinilor pozitive şi negative de o parte şi alta a membranei se neutralizează reciproc), după care polaritatea membranei se inversează, devenind pozitivă pe faţa internă şi negativă pe faţa externă. La valoarea de +30 mV se atinge se atinge varful PA.

c. repolarizarea rapidă şi se caracterizează prin faptul că acum potenţialul membranar revine aproape de nivelul său de repaus. Acest fapt are loc datorită deschiderii canalelor pentru K+ ceea ce va permite *K+*, care este în concentraţie mai mare în celulă să difuzeze din celulă la exterior. *Ieşirea K+ din celulă* în baza gradientului său de concentraţie va determina refacerea încărcăturii electropozitive a feţei externe a membranei. Tot în această etapă are loc închiderea canalelor pentru Na+, ceea ce va cauza blocarea Na+ în celulă.

d. repolarizarea lentă – *K+ continuă să iasă din celulă*, *dar cu viteză mult mai mică*. Ieşirea în continuare a K+, corelată cu blocarea Na+ în celulă datorată închiderii canalelor de Na+ (încă din etapa anterioară) vor determina continuarea apropierii potenţialului membranar de valoarea sa de repaus, dar cu o viteză mai mică.

e. post-hiperpolarizare şi se caracterizează printr-o creştere a diferenţei de potenţial membranar peste valoarea PMR, acesta putând ajunge pană la -80 mV. Canalele pentru Na+ continuă să fie închise iar o parte a canalelor pentru K+ deschise, situaţie în care reintră în funcţie *pompa de Na+/K+* care (cu consum energetic) va scoate Na+

din celulă şi va introduce K+ în celulă. Acţiunea pompei va determina hiperpolarizarea membranei pentru o durată de cateva zeci de ms. La sfarşitul acestei perioade permeabilitatea membranei revine la normal iar valoarea potenţialului membranar revine la -70 mV (PMR).

II. Conductibilitatea

Conductibilitatea este proprietatea neuronului de a conduce potenţialul de acţiune generat prin mecanismele anterior descrise.

Factorii care determină viteza de conducere a PA în fibra nervoasă sunt:

- diametrul fibrei;
- prezenţa sau absenţa mielinei;
- temperatura;
- vârsta organismului.

Conducerea PA se realizează diferit în fibrele mielinice faţă de cele amielinice.

În fibrele amielinice conducerea PA se realizează *din aproape în aproape* (*pas cu pas*), prin *curenţii locali ai lui Hermann*. Fiecare punct al membranei va fi depolarizat şi repolarizat (producerea PA), ceea ce face ca viteza cu care se propagă PA prin fibrele amielinice să fie mică.

Teaca de mielină îndeplineşte rolul de *izolator electric*, ceea ce face ca fibrele mielinice să aibă o conductibilitate mai mare. Conducerea impulsului nervos prin fibrele mielinice se face *saltator*, *de la o strangulaţie Ranvier la alta*. În zona nodului Ranvier membrana fibrei mielinice are o permeabilitate mult mai mare decat a fibrei amielinice. În zonele aflate între noduri nu au loc scurgeri de curent prin membrană, datorită acţiunii izolatoare a tecii de mielină. Fenomenele de depolarizare şi repolarizare, caracteristice generării şi propagării PA se produc doar la nivelul strangulaţiilor Ranvier.

Modul de producere a PA este acelaşi în fibrele mielinice şi amielinice, diferenţa constand în faptul că în cazul fibrelor mielinizate viteza de conducere este mai mare, iar costurile energetice sunt mai mici, deoarece procesele de depolarizare-repolarizare nu au loc în fiecare punct al membranei neuronale, ci doar la nivelul nodurilor Ranvier.

Conducerea impulsului nervos se face cu respectarea catorva legi,

cunoscute sub numele de legile generale ale conductibilităţii:

1. *Legea integrităţii neuronului* se referă la faptul că pentru a conduce impulsul nervos neuronul trebuie să fie integru din punct de vedere anatomic şi funcţional. Pierderea conductibilităţii poate avea loc în circumstanţe care aduc prejudicii neuronului: lezarea, răcirea, comprimarea, ligaturarea sau anestezierea sa.

2. *Legea conducerii izolate* enunţă ideea că fiecare fibră nervoasă conduce distinct impulsul nervos, fără ca acesta să se transmită fibrelor învecinate, fapt de maximă importanţă în cazul nervilor micşti în care fibrele care conduc informaţii cu semnificaţie diferită se află în proximitate anatomică imediată, fără ca această apropiere să prejudicieze funcţionarea acestora. Conducerea izolată a impulsului nervos este posibilă prin mecanisme diferite în fibrele mielinice faţă de cele amielinice.

3. *Legea conducerii bilaterale*: PA se propagă în ambele sensuri de-a lungul membranei neuronale. Unidirecţionalitatea propagării impulsului nervos este determinată de structura funcţională a sinapsei. La nivelul sinapsei trecerea impulsului nervos este posibilă doar într-un singur sens: dinspre componenta presinaptică prin fanta sinaptică spre componenta postsinaptică.

4. *Legea 'totul sau nimic'* este valabilă şi în ceea ce priveşte conductibilitatea neuronului, nu numai excitabilitatea sa.

5. *Legea conducerii nedecrementiale* se referă la faptul că transmiterea impulsului nervos se face fără scăderea amplitudinii PA, acesta fiind condus de-a lungul fibrei nervoase fără pierderi.

III. Degenerescenţa şi regenerarea

Afectarea integrităţii morfologice şi funcţionale a unei prelungiri neuronale, urmată de întreruperea legăturii ei cu pericarionul determină degenerescenţa fibrei şi uneori chiar şi a corpului celular.

Această agresiune poate fi realizată prin secţionarea, aplicarea unor substanţe toxice, sau prin deprivarea de oxigen a nervului.

Degenerescenţa constă în modificări structurale şi funcţionale ale neuronului, severitatea acestora fiind în funcţie de natura şi intensitatea factorului agresiv şi de durata sa de acţiune.

Degenerescenţa este un proces care se derulează în mai multe stadii

succesive:

 În stadiile iniţiale are loc doar o *afectare temporară a proprietăţilor funcţionale ale neuronului*. În această situaţie, dacă factorul agresiv îşi întrerupe activitatea, nu apar distrugeri structurale ale fibrei nervoase.

 În cazul în care factorul cauzal acţionează cu mai multă agresivitate, sau acţiunea sa este persistentă în timp, apar *afectări ale componentelor structurale*, ca de exemplu: distrugerea tecii endoneurale, fragmentarea axoplasmei, distrugerea tecii de mielină, înlăturarea de către macrofage a fragmentelor de axoplasmă şi a granulelor de mielină.

 În cazul unor leziuni foarte severe şi persistente poate apărea şi *afectarea corpului celular*, care poate fi supus unui fenomen de atrofie celulară, prin tumefierea citoplasmei, fragmentarea aparatului Golgi, dezintegrarea corpusculilor Nissl, dispariţia neurofibrilelor, tumefierea nucleului care se deplasează excentric.

În funcţie de locul leziunii, degenerescenţa poate fi:

 anterogradă (afectarea porţiunii distale cuprinsă între locul leziunii şi sinapsa cu neuronul imediat următor) sau

 retrogradă (care interesează fragmentul de axon cuprins între corpul celular şi locul leziunii).

Regenerarea constă în refacerea fibrei nervoase ataşate pericarionului, în direcţia fibrei nervoase detaşate. Regenerarea poate avea loc cu condiţia ca leziunea produsă sa nu afecteze corpul celular al neuronului, iar distanţa dintre capetele secţionate să nu fie mai mare de 3 mm.

Regenerarea este posibilă prin apariţia *conului de creştere* (formaţiune care se dezvoltă la nivelul porţiunii proximale a axonului) care va avansa spre periferie.

În procesul de regenerare sunt implicate *celulele Schwann*, fapt argumentat prin observaţia că acestea emit structuri de tip pseudopodic care au rolul de a ghida creşterea fibrei, precum şi prin observaţia că fibrele care nu au teacă Schwann nu sunt capabile de regenerare. În sistemul nervos central fibrele nervoase nu au teacă de mielină, consecinţa fiind incapacitatea acestora de a regenera.

În cazul în care regenerarea nu are loc, prelungirea care creşte dă naştere unei formaţiuni cu aspect de tumoră, numită *neurom*. Neuromul este responsabil de durerile fantomă apărute la persoanele cărora li s-a efectuat amputaţia unui membru. Pentru a evita acest fenomen, în cursul practicării unei amputaţii se iau măsuri de prevenire a regenerării nervilor secţionaţi.

_____

v) Fixaţi cunoştinţele!

vi)

vii) Analizaţi cu atenţie imaginile care urmează:

 Analizaţi formarea PA – Fig 8. Cum definiţi potenţialul de acţiune?

 Delimitaţi pe graficul din Fig. 9 fazele de depolarizare şi repolarizare membranară.

 Delimitaţi şi adnotaţi graficul din Fig. 10 cu denumirile tuturor etapelor PA.

 Care sunt procesele care au loc în timpul repolarizării rapide?

 Care este consecinţa prezenţei tecii de mielină din punctul de vedere al conductibilităţii în fibrele axonice?

 Observaţi şi Fig. 11 şi amintiţi-vă care este rolul strangulaţiilor (nodurilor) Ranvier.

 Care sunt stadiile succesive posibile ale degenerescenţei neuronale?

 În ce condiţii este posibilă regenerarea fibrelor axonice?

Fig. 8

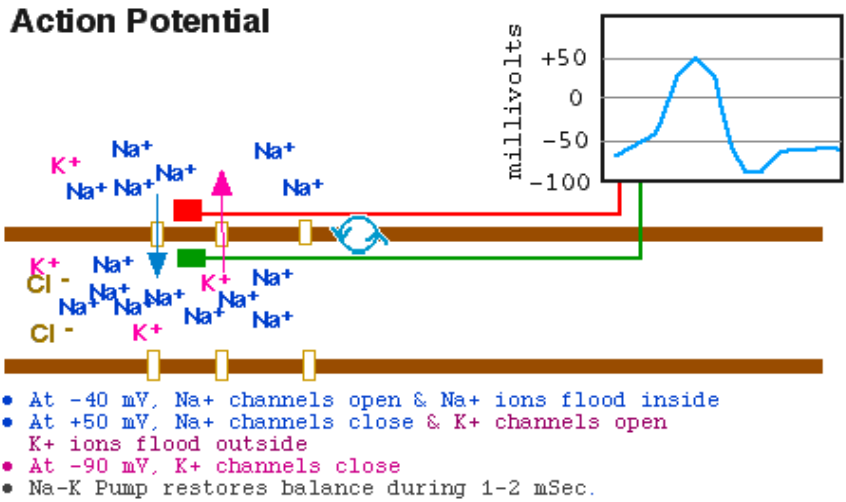

Action Potential
millivolts
+50
0
-50
-100
Na+
K+
Cl -
At -40 mV, Na+ channels open & Na+ ions flood inside
At +50 mV, Na+ channels close & K+ channels open
K+ ions flood outside
At -90 mV, K+ channels close
Na-K Pump restores balance during 1-2 mSec.

Fig. 9

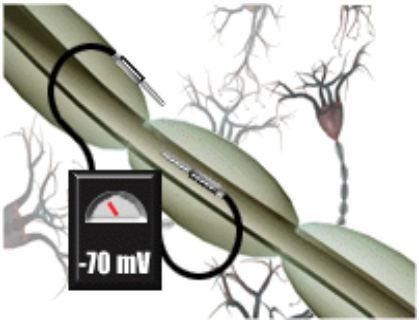


Fig. 10

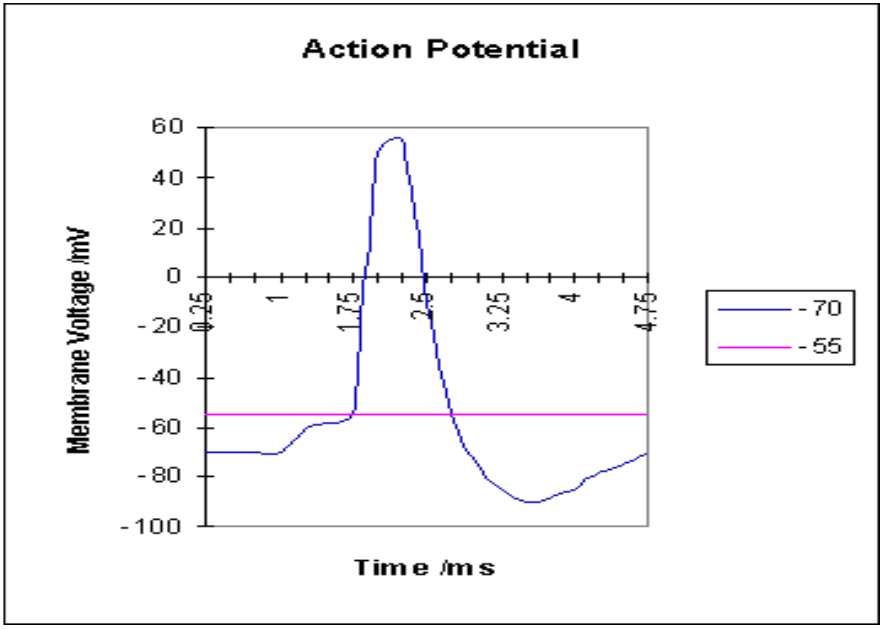
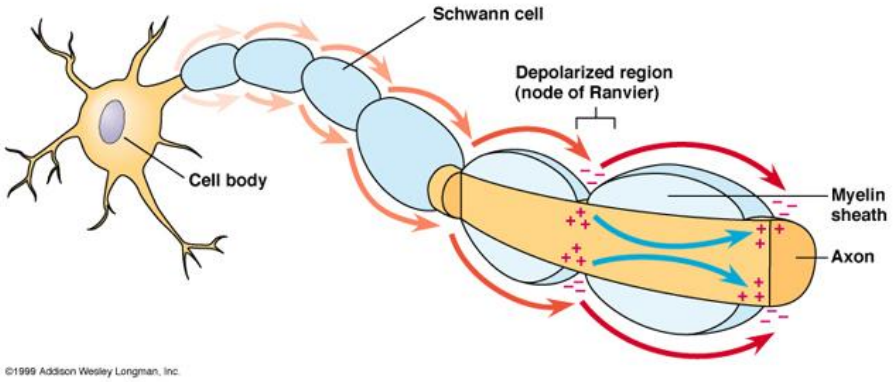

Action Potential
Membrane Voltage /mV
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
-100
0.25
1
1.75
2.5
3.25
4
4.75
Time /ms
-70
-55

Fig. 11



Curs 3

Sinapsa. Funcţionarea sinapsei. Placa motorie (sinapsa neuro-musculară)

Sinapsa este o formaţiune specializată situată între doi neuroni, sau între un neuron şi o structură efectoare de tip muscular sau glandular şi care permite *transmiterea informaţiei* de la componenta presinaptică la componenta postsinaptică.

Sinapsa reprezintă locul de *contact anatomic* între doi neuroni sau între un neuron şi o structură de tip efector, datorită modului ei de funcţionare fiind posibil *transferul informaţiei* între structurile precizate.

Datorită caracteristicilor sale structurale şi funcţionale sinapsa permite influenţarea activităţii electrice a componentei postsinaptice de către activitatea electrică a componentei presinaptice.

Clasificarea sinapselor se face după mai multe criterii:

 după mecanismul de transmitere:

o *sinapse chimice* (transmiterea impulsului nervos de la neuronul presinaptic la cel postsinaptic se face prin *mediaţie chimică*), respectiv o *sinapse electrice* (impulsul nervos este transmis fără mediaţie chimică);

 după starea generată la nivelul componentei postsinaptice, sinapsele *chimice* sunt de două tipuri:

o *excitatoare*, respectiv o inhibitoare.

b) Sinapsa chimică

Din punct de vedere structural sinapsa chimică este alcătuită din trei componente:

1. *presinaptică* – reprezentată de butonul terminal al axonului neuronului presinaptic,

2. *postsinaptică* – reprezentată de dendrita sau corpul celular al neuronului postsinaptic, şi

3. *fanta* sinaptică (spaţiul extracelular între cele două).

La nivelul componentei presinaptice sunt importante *veziculele cu mediator chimic* (care conţin unul sau mai multe tipuri de mediator chimic), *membrana presinaptică* (porţiunea din butonul terminal care este implicată în sinapsă), precum şi *filamentele de sinapsină* (care conduc mediatorul chimic în momentul eliberării sale din veziculele sinaptice spre locurile active ale membranei presinaptice, prin intermediul cărora mediatorul chimic va fi eliberat apoi în fanta sinaptică).

La nivelul componentei postsinaptice membrana celulară este modificată structural, prezentând:

 pe suprafata sa *receptori membranari*, cu rol în recunoaşterea şi legarea mediatorului chimic, iar

 în grosimea peretelui său – *canale ionice* aflate în relaţie structurală şi funcţională cu receptorii.

Fanta sinaptică este un spaţiu extracelular la nivelul căruia trecerea influxului nervos este mediată chimic prin *moleculele de neurotransmiţător* eliberate din veziculele sinaptice ale componentei presinaptice, difuzate şi captate de receptorii membranari ai componentei postsinaptice.

Cele două deosebiri structurale între componentele pre şi postsinaptică (membrana presinaptică nu are receptori iar componenta postsinaptică nu conţine vezicule cu mediator chimic) vor determina aşa-numita *polarizare funcţională* a sinapsei, termen care se referă la faptul că transmiterea impulsului nervos la nivelul sinapsei este unidirecţională.

Astfel, cele trei componente sunt adecvate structural pentru

îndeplinirea funcţiei de transmitere a impulsului nervos. Rezultă că, la nivelul celulei nervoase transmiterea PA are întotdeauna sensul: DENDRITĂàCORP CELULARàAXON.

Funcţionarea sinapsei necesită *codificarea* la nivelul structurilor descrise a informaţiei din informaţie de tip electric (PA) în informaţie de tip chimic (neurotransmiţători), urmată de *recodificarea* în informaţie de tip electric (PA).

Ajungerea *PA* la nivelul membranei butonului terminal va determina producerea unei succesiuni de fenomene care au ca rezultat *ruperea veziculelor cu mediator chimic* şi *eliberarea mediatorului chimic* prin intermediul filamentelor de sinapsină în fanta sinaptică prin *exocitoză*. Moleculele de mediator chimic eliberate se fixează apoi pe receptorii membranei postsinaptice, datorită compatibilităţii existente între mediator şi receptor. Mai exact, există o relaţie de specificitate între receptori şi mediator.

Este acceptată existenţa mai multor tipuri de receptori şi a mai multor tipuri de mediatori chimici, în contextul acestei relaţii de corespondenţă reciprocă. *Fixarea mediatorului pe receptor* va genera fenomene care vor determina o *modificare a polarizării membranei postsinaptice*. Mediatorul chimic aflat în fanta sinaptică va fi (re)captat prin *endocitoză* şi transportat înapoi în veziculele sinaptice.

Efectul mediatorului chimic asupra membranei postsinaptice poate fi de depolarizare a acesteia, sau de hiperpolarizare a sa. În funcţie de acest efect se poate opera o clasificare a sinapselor în sinapse excitatoare, respectiv sinapse inhibitoare.

În cazul sinapselor excitatoare chimice mediatorul chimic va determina la nivelul membranei postsinaptice o depolarizare, situaţie numită *potenţial postsinaptic excitator* (*PPSE*), care este de fapt *un potenţial local*. Prin însumarea unor potenţiale locale succesive va fi generat un PA.

În cazul sinapselor chimice inhibitoare mediatorul chimic induce o hiperpolarizare denumită *potenţial postsinaptic inhibitor* (*PPSI*). În acestă situaţie practic nu mai are loc formarea şi generarea unui PA.

c) Sinapsa electrică

Sinapsa electrică este o formaţiune caracterizată prin *simplitate* în

ceea ce priveşte structura şi funcţionarea sa. Membranele celor doi neuroni sunt foarte apropiate şi legate între ele prin *canale membranare de Na+*. Aceste canale, numite şi *joncţiuni celulare 'gap'* permit trecerea liberă a curentului electric. In consecinţă, un PA va putea trece din componenta presinaptică în cea postsinaptică sau în sens invers practic fără întarziere şi *fără niciun fel de mediaţie*. Între componenta presinaptică şi cea postsinaptică nu există deosebiri semnificative de structură.

Acest tip de sinapse se întâlnesc la nevertebrate. La om sinapse de tip electric există în nucleii vestibulari din bulb.

Legile transmiterii sinaptice descriu modul de transfer al informaţiei prin intermediul sinapselor:

1.Legea întarzierii sinaptice se referă la faptul că mediaţia chimică care stă la baza transmiterii informaţiei în sinapsele chimice necesită un anumit timp. Întarzierea sinaptică se produce datorită mediaţiei chimice. Acest interval de timp este necesar pentru ca impulsul nervos (codificat electric) să se codifice în semnal chimic pentru a străbate fanta sinaptică, iar apoi să se recodifice în semnal electric.

Cu cât un arc reflex cuprinde mai multe sinapse, cu atat întârzierea sinaptică va fi mai mare iar timpul reflex mai lung.

Timpul reflex rezultă prin însumarea timpului aferent (necesar pentru parcurgerea distanţei de la receptor la centrul nervos) cu întârzierea în centri (la nivelul sinapselor) şi timpul eferent (necesar impulsului nervos pentru a parcurge distanţa de la centrul nervos la structura efectoare).

2. *Legea conducerii unidirecţionale* stabileşte faptul că *în cazul sinapsei chimice* transmiterea impulsului nervos se face într-un singur sens şi anume de la componenta presinaptică la cea postsinaptică, datorită deosebirilor structurale între cele două componente ale sinapsei. În cazul sinapselor electrice conducerea impulsului nervos este în ambele sensuri.

3. *Legea oboselii sinaptice* descrie fenomenul prin care în cazul excitării prelungite cu frecvenţă mare a neuronului are loc o scădere a frecvenţei PA în componenta postsinaptică. Oboseala sinapsei se datorează epuizării mediatorului chimic în componenta presinaptică,

în condiţiile în care rata spargerii veziculelor cu mediator şi eliberării acestuia în fanta sinaptică este mai mare decat rata sintezei şi stocării lui înapoi în vezicule. O altă cauză este aceea a consumului energetic foarte mare care determină epuizarea rezervelor de ATP.

4. *Legea sensibilităţii la lipsa de oxigen* se referă la vulnerabilitatea pe care sinapsa, mare consumator de ATP, o are la hipoxie. Acidoza (dată de creştere concentraţiei plasmatice a CO2) scade eficienţa transmiterii sinaptice.

---

i)

ii) Fixaţi cunoştinţele analizând cu atenţie imaginile care urmează:

 Identificaţi şi notaţi în Fig. 12 componentele structurale ale sinapsei chimice.

 În ce constă diferenţa dintre sinapsele chimice excitatoare şi sinapsele chimice inhibitoare?

 Descrieţi funcţionarea sinapsei observând Fig. 13.

 Ce consecinţe are legea întârzierii sinaptice?

 Stabiliţi ce este placa motorie observând Fig. 14.

Fig. 12 Sinapsa iii)

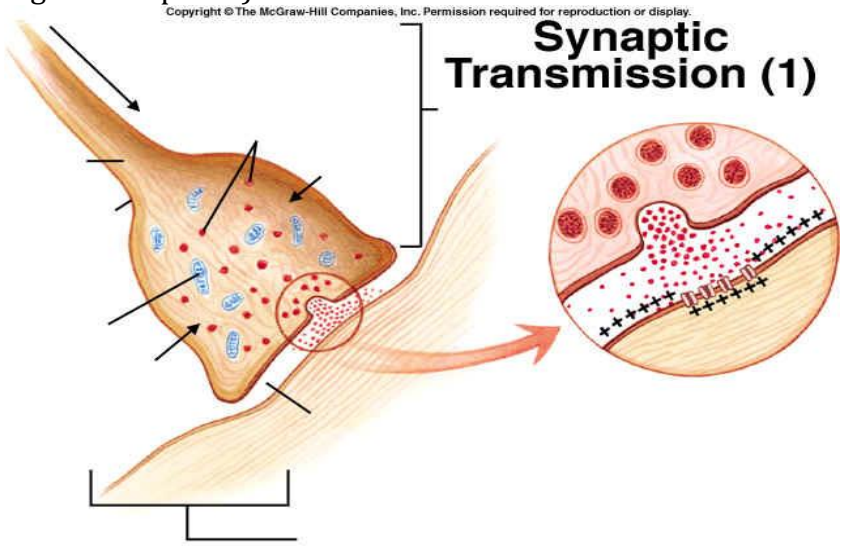
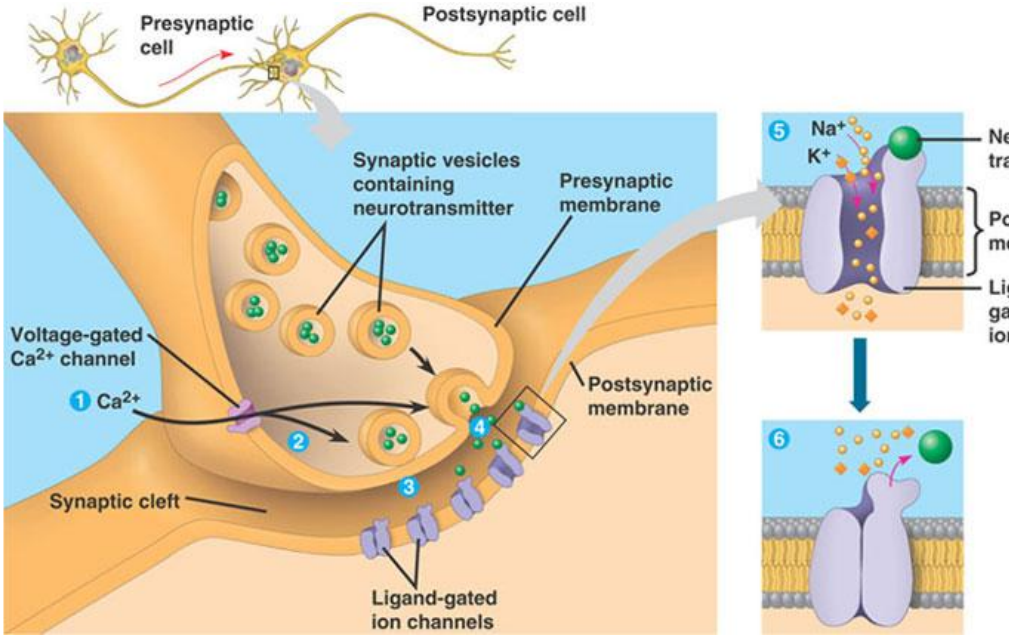
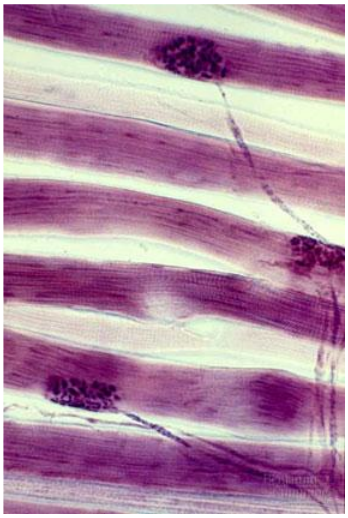


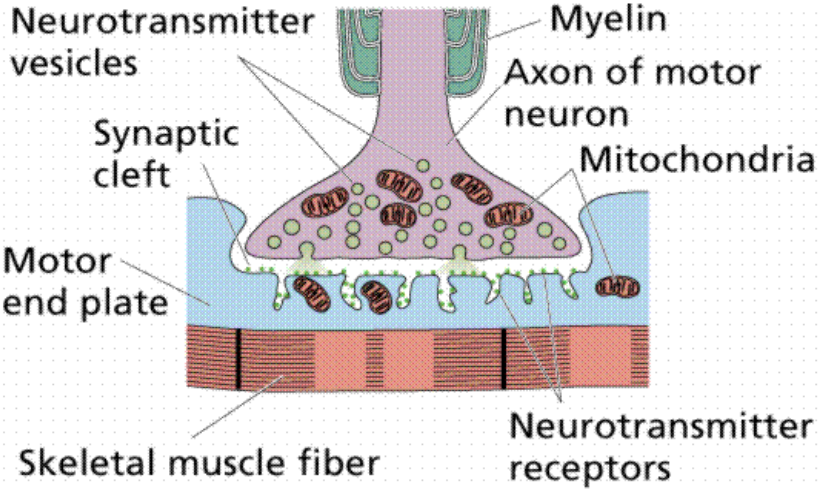
Fig. 13 Funcţionarea sinapsei



iv)

Fig. 14. Placa motorie – sinapsa neuromusculară – schema şi imagine de microscopie electronică





Curs 4

Sistemul nervos central (SNC) şi sistemul nervos periferic

 Din punct de vedere funcţional sistemul nervos se caracterizează prin funcţionarea corelativă a sistemului nervos *somatic* (al vieţii de relaţie) şi a sistemului nervos *vegetativ* (sau autonom).

Sistemul nervos somatic pune în legătură organismul cu mediul înconjurător. Prin sistemul nervos somatic se transmit impulsuri de la receptori la centrii nervoşi din SNC şi de la centri la *muşchii scheletici*.

Activitatea sistemului nervos somatic poate fi controlată conştient (voluntar), sau poate fi involuntară.

Coordonarea, integrarea şi adaptarea activităţii viscerale sunt realizate de *sistemul nervos vegetativ*. In componenţa sistemului nervos vegetativ intră fibre senzitive, motorii şi centrii nervoşi. Fibrele motorii conduc impulsuri la *musculatura netedă a organelor interne*, precum şi la *glande*.

Activitatea sistemului nervos vegetativ este autonomă, neputand fi controlată voluntar.

 In funcţie de situţia sa topografică sistemul nervos se divide în două părţi: sistemul nervos central şi sistemul nervos periferic:

a. Encefalul şi măduva spinării formează sistemul nervos central, aşezat în interiorul cavităţilor osoase ale cutiei craniene şi canalului

rahidian.

b. Nervii şi ganglionii (grupări de pericarioni) asociaţi nervilor, situaţi înafara cavităţilor osoase formează sistemul nervos periferic.

Semnalele senzitive generate în receptorii analizatorilor sunt conduse în SNC prin nervii periferici şi pot da naştere la răspunsuri reflexe sau la senzaţii conştiente. Analiza şi prelucrarea informaţiilor începe încă în receptori, continuând în SNC. SNC are capacitatea de a depozita o parte din informaţiile receptate, sub formă de memorie şi de a utiliza apoi aceste informaţii în derularea unor procese psihice superioare cum sunt învăţarea, gandirea, imaginaţia, etc. SNC este de asemenea capabil să elaboreze răspunsuri adecvate care ajung la organele efectoare prin nervii periferici.

S.N.C. este format din encefal şi măduva spinării, protejate de cavităţile osoase ale cutiei craniene, respectiv canalului vertebral. Ţesutul nervos este învelit de 3 membrane conjunctive, numite meninge. Acestea sunt:

- *duramater*, situată la exterior, în imediat contact cu ţesutul osos,
- *arahnoida*, situată la mijloc şi
- *piamater*, situată la interior, în imediat contact cu ţesutul nervos.

Spaţiul dintre arahnoidă şi piamater este plin cu *lichid cefalorahidian*.

Măduva spinării, situată în interiorul canalului vertebral este formată din substanţă cenuşie şi substanţă albă.

În secţiune transversală, la interior se află *substanţa cenuşie*, care conţine neuroni intercalari, soma (corpul) şi dendritele neuronilor eferenţi şi porţiunea terminală a neuronilor aferenţi.

In jurul substanţei cenuşii se află *substanţa albă*, formată din axonii neuronilor, înveliţi în teaca de mielină, grupaţi în:

- *căi de conducere ascendente* – ale sensibilităţii (care conduc informaţii senzitive de la măduvă spre etajele nervoase superioare), respectiv în
- căi *descendente* – ale motilităţii (care conduc informaţii motoare de la etajele superioare ale sistemului nervos la măduva spinării).

Encefalul este alcătuit din:

- trunchiul cerebral – format din *bulbul rahidian*, *puntea lui Varolio*

şi *mezencefal*

- cerebelul,
- diencefalul – alcătuit din talamus, epitalamus, metatalamus, hipotalamus şi
- emisferele cerebrale.

La interiorul encefalului se află patru cavităţi aflate în legătură una cu alta, numite *ventricule cerebrale* şi care sunt pline cu lichid cefalorahidian.

Trunchiul cerebral este formaţiunea anatomică ce face legătura între cerebel, măduva spinării şi emisferele cerebrale.

In interiorul trunchiului cerebral se află *substanţa reticulată*, de culoare cenuşie, formată din corpuri celulare neuronale. Aceşti neuroni sunt aranjaţi în reţea, primind şi integrând informaţii din toate regiunile SNC.

Căile care conectează substanţa reticulată cu celelalte componente ale SNC constituie *sistemele reticulat ascendent şi descendent*:

- Sistemul reticulat ascendent este în legătură cu procese psihice extrem de importante, ca de exemplu *starea de veghe* şi *atenţia*.
- Sistemul reticulat descendent este implicat în controlul activităţii musculare.

Unii din neuronii situaţi în substanţa cenuşie se grupează în nuclei, devenind *centri integratori ai trunchiului cerebral*, cu rol în controlul funcţiilor vitale: centrul cardiovascular, respirator, al deglutiţiei, etc.

De asemenea, unii neuroni ai trunchiului cerebral se grupează în nuclei cu rol în procesarea informaţiilor culese prin nervii cranieni.

Cerebelul, conectat cu trunchiul cerebral prin cele trei perechi de *pedunculi cerebeloşi* (inferiori, mijlocii şi superiori) este implicat în controlul funcţiei musculare, al posturii, echilibrului, al coordonării şi învăţării mişcărilor.

Este format din:

- substanţă cenuşie (corpuri celulare neuronale) situată la suprafaţa sa, alcătuind *cortexul cerebelos*, sau la interiorul său, în masa de substanţă nervoasă, alcătuind *nucleii cerebeloşi*, respectiv
- substanţă albă (axonii mielinizaţi ai acestor neuroni) alcătuind *căile de conducere* care conectează cerebelul cu celelalte componente

ale SNC.

Diencefalul este constituit din patru regiuni: talamus, hipotalamus, epitalamus, metatalamus.

Talamusul prezintă în interiorul său mai mulţi nuclei care sunt *staţie de releu sinaptică* pe căile ascendente corticale.

Hipotalamusul, situat în vecinătatea talamusului şi a hipofizei (cea mai importantă glandă endocrină) are un rol esenţial în *integrarea corelativă a funcţiilor nervoase şi endocrine*. Hipotalamusul intervine în controlul homeostaziei (echilibrul hidric, termoreglarea, activitatea sistemului nervos vegetativ) şi în reglarea unor comportamente instinctuale esenţiale (alimentar, sexual, ritmul circadian).

Prin relaţia anatomică de vecinătate pe care o are cu hipofiza, hipotalamusul este implicat în controlul activităţii endocrine.

Emisferele cerebrale sunt formate (ca dealtfel şi celelalte componente ale sistemului nervos central) din substanţă cenuşie şi din substanţă albă.

Emisferele cerebrale sunt separate prin *şanţul interemisferic* şi legate între ele prin mănunchiuri de fibre nervoase ce formează *comisuri* (de exemplu *corpul calos*).

Substanţa cenuşie este situată la exterior şi formează *scoarţa cerebrală*, sau cortexul cerebral, respectiv la interior, formând nucleii subcorticali.

Cortexul fiecărei emisfere prezintă patru *lobi*: *frontal*, *parietal*, *temporal*, *occipital*, fiind constituit din corpuri celulare neuronale dispuse în şase straturi. Cortexul este cutat, formând circumvoluţiuni sau girusuri. Prezenţa circumvoluţiunilor permite creşterea semnificativă a suprafeţei cerebrale. Există o relaţie de directă proporţionalitate între coeficientul de cutare al cortexului şi nivelul evolutiv al unei specii. Rolul cortexului cerebral este esenţial în controlul integrator al activităţii psihice.

Nucleii subcorticali sunt mase de substanţă cenuşie aflate în masa emisferelor cerbrale. Cei mai importanţi sunt *corpii striaţi* (numiţi şi ganglioni bazali sau corpi bazali). Rolul corpilor striaţi este de a controla mişcările, postura şi comportamente mai complexe.

Substanţa albă se află sub cea cenuşie, alcătuind masa emisferelor

cerebrale şi este formată din fibre nervoase (axoni mielinizaţi) ascendente sau descendente care conectează scoarţa cerebrală cu formaţiunile subcorticale, sau fibre nervoase de asociaţie care conectează diverse zone ale scoarţei cerebrale între ele.

O zonă importantă a encefalului care cuprinde atât substanţă albă cât şi cenuşie este sistemul limbic. Sistemul limbic este format din structuri nervoase interconectate din lobii frontali, temporal, talamus, hipotalamus, fiind implicat în *controlul proceselor afective*, precum şi în derularea unor funcţii psihice complexe, ca de exemplu *învăţarea*.

2)

3) *Sistemul nervos periferic*

Sistemul nervos periferic este constituit din fibre nervoase care realizează legătura între SNC şi restul organismului. Aceste fibre nervoase se grupează formând nervi.

Sistemul nervos periferic este alcătuit din *43 de perechi de nervi*, 12 perechi fiind nervii *cranieni*, iar 31 de perechi fiind nervii *spinali*.

Un nerv poate conţine fibre nervoase (axoni) ai neuronilor senzitivi sau motori.

Nervii spinali conţin atât fibre senzitive, cât şi motoare (fiind nervi micşti), iar nervii cranieni pot conţine fibre senzitive, motoare, sau ambele (fiind prin urmare senzitivi, motori, sau micşti).

Nervii care compun sistemul nervos periferic pot fi constituiţi din fibre *aferente* (care transportă informaţii de la receptorii periferici la SNC), sau din fibre *eferente* (care transportă informaţii de la SNC la glande sau muşchi).

 În cazul fibrelor aferente traseul căilor somatice (ale vieţii de relaţie) – *aferenţa somatică* – este comun cu al celor vegetative (al funcţiilor de nutriţie) – *aferenţa vegetativă*.

 In cazul căilor eferente există deosebiri anatomice esenţiale între sistemul nervos somatic şi sistemul nervos vegetativ.

o *Eferenţa somatică* este constituită din toate fibrele nervoase care fac legătura între SNC şi musculatura scheletică.

o *Eferenţa vegetativă* realizează inervaţia musculaturii netede a organelor interne, a muşchiului cardiac, precum şi inervaţia glandelor.

Între cele două tipuri de eferenţe există deosebiri structurale şi

funcţionale care se pot observa în planşele din Fig. …..

_____

i)

ii) Fixaţi cunoştinţele analizând cu atenţie imaginile care urmează:

 Cum se distribuie substanţa cenuşie şi substanţa albă la nivelul măduvei spinării şi a emisferelor cerebrale? Fig. 15 şi Fig. 19b

 Observaţi dispunerea membranelor meningeale în Fig. 16. Care este rolul acestora la nivelul întregului SNC?

 Identificati formaţiunea reticulată în Fig. 17: Adnotaţi structurile recunoscute în desen cu noţiunile învăţate. Care sunt rolurile sistemului reticulat ascendent şi descendent?

 Observaţi ieşirile perechilor de nervii cranieni în Fig. 18. Studiaţi din bibliografia recomandată rolurile acestora.

 Comparaţi arcul reflex somatic cu arcul reflex vegetativ. Stabiliţi diferenţele pe componenta eferentă.

 Ce este sistemul limbic şi care este rolul său?

 Observaţi ariile corticale senzitive, motorii şi de asociaţie – Fig. 19 şi 20. Reţineţi localizările acestora.

Fig. 15 – Secţiune transversală prin măduva spinării

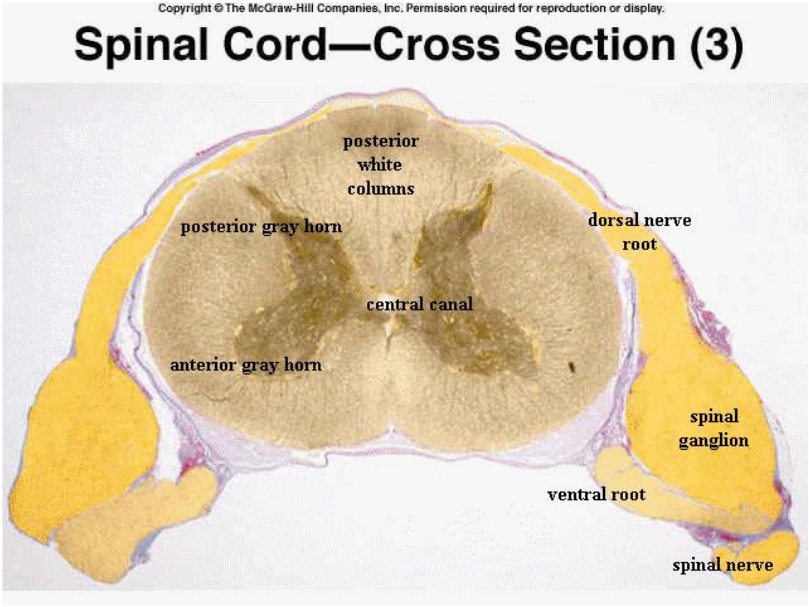


Fig. 16 – Secţiune transversală prin măduva spinării. Sistemul meningeal

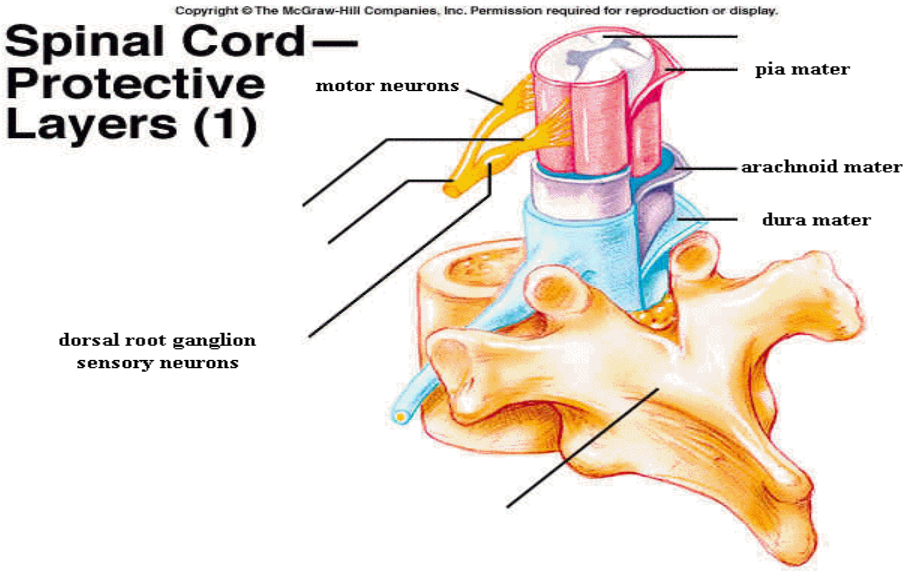


Fig. 17 – Secţiune longitudinală prin trunchiul cerebral şi ventricule. Substanţa reticulata (in verde)

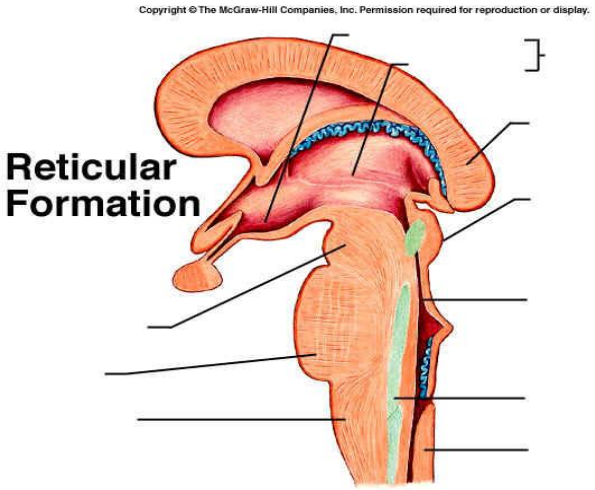


Fig. 18 – Encefalul – vedere bazală. TC, cerebelul, emisferele cerebrale şi nervii cranieni

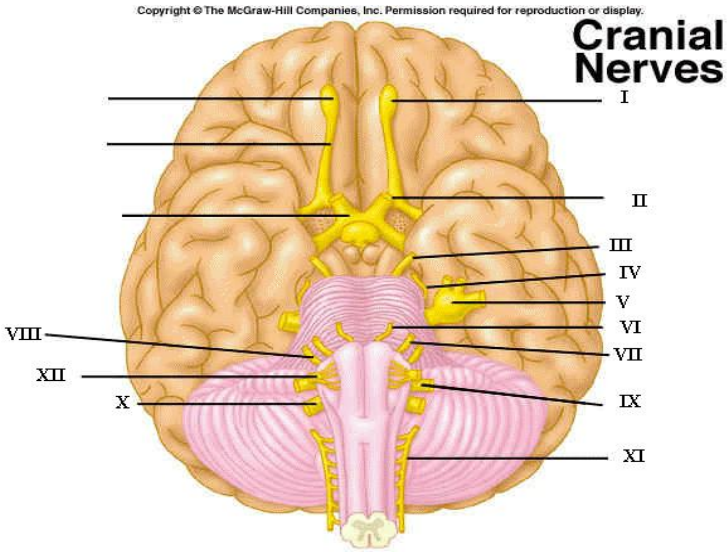
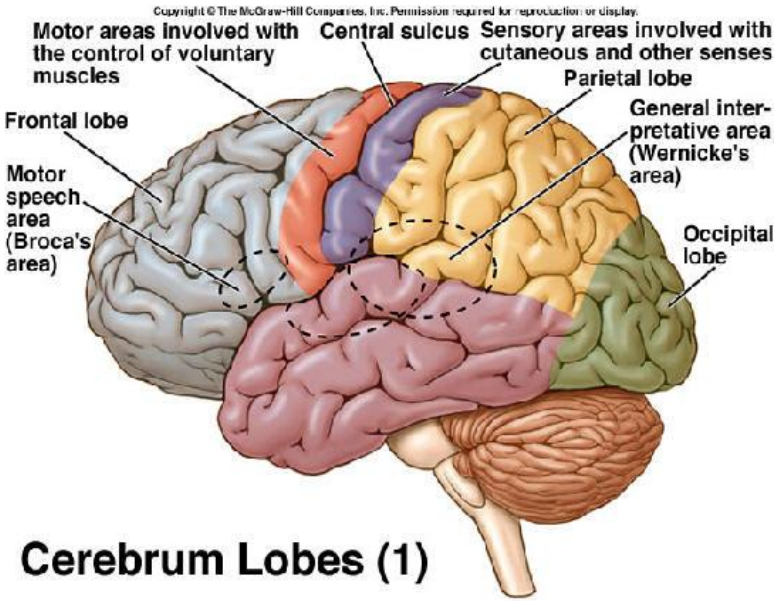


Fig. 19 (a, b) – Encefalul. Lobii emisferelor cerebrale şi unele arii funcţionale ale scoarţei cerebrale


Motor areas involved with the control of voluntary muscles
Central sulcus
Sensory areas involved with cutaneous and other senses
Parietal lobe
Frontal lobe
General interpretative area (Wernicke's area)
Motor speech area (Broca's area)
Occipital lobe
Cerebrum Lobes (1)

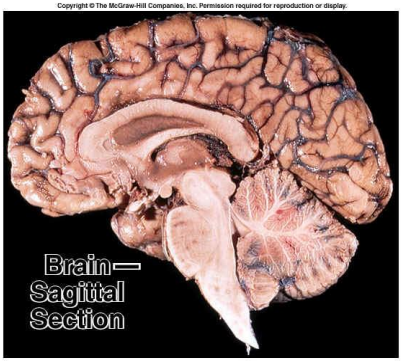


Fig. 20 – Unele arii funcţionale ale scoarţei cerebrale (senzoriale, motorii, de asociaţie-integratoare)

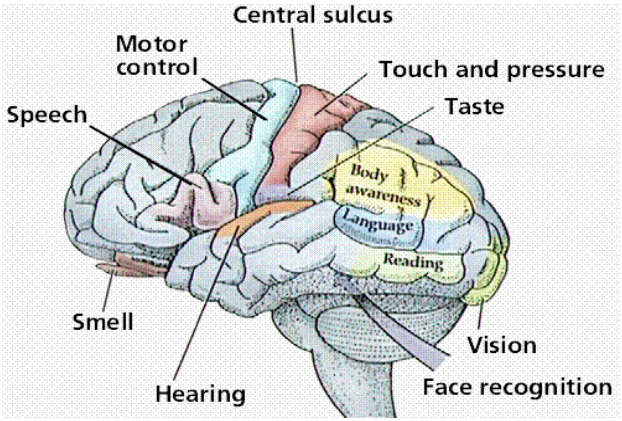
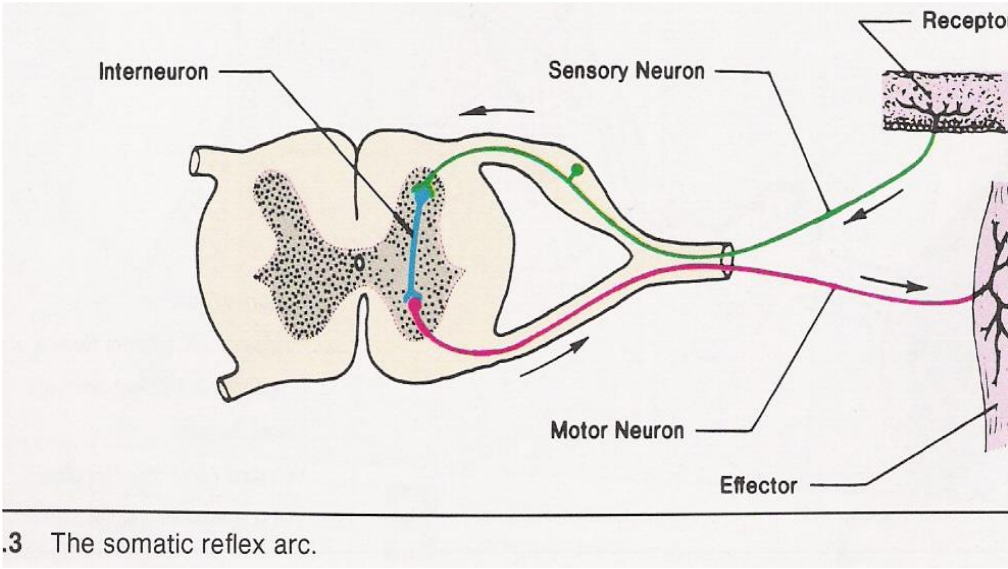
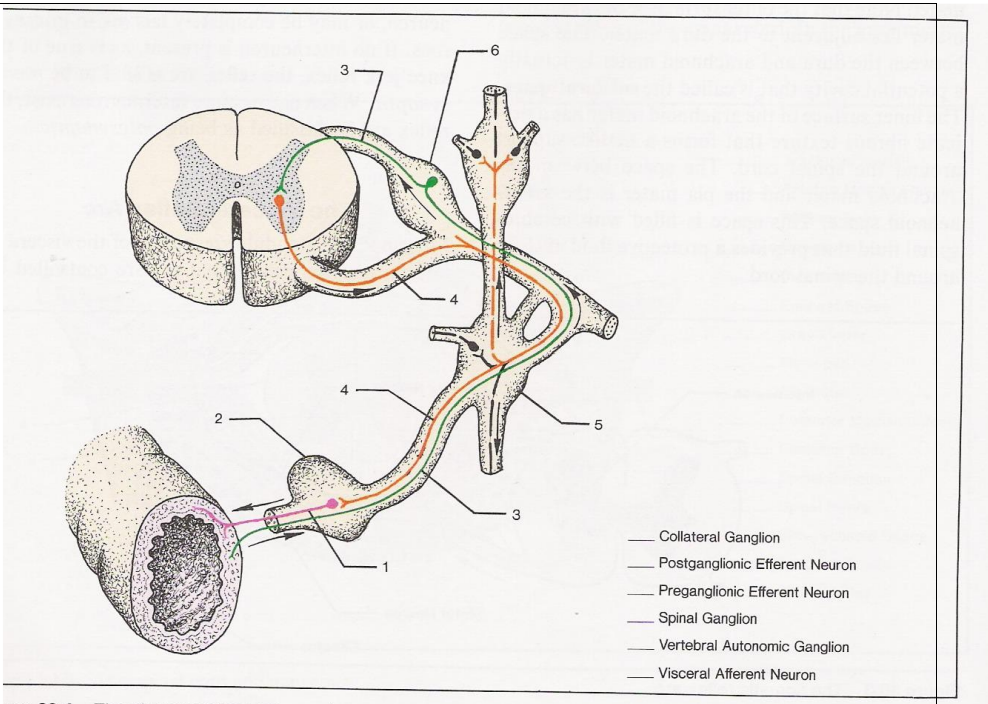


Fig. 21 – Arcul reflex somatic



.3 The somatic reflex arc.

Fig. 22 – Arcul reflex vegetativ



ure 30.4 The visceral reflex arc.

Secţiunea B

Receptarea şi integrarea informaţiei

Curs 5

i. Analizatorii

Analizatorul este definit ca o *unitate funcţională* alcătuită din trei componente:

- segment periferic (*receptorul*);
- segment de conducere sau intermediar;
- segment central (proiecţie corticală).

Această structură funcţională are rolul de a transmite sistemului nervos central informaţii din mediul intern şi extern organismului.

Informaţia receptată de analizatori este supusă unui proces

complex de prelucrare şi analiză din care vor rezulta *procesele psihice senzoriale* numite *senzaţii* şi *percepţii*. Acest proces de prelucrare analitică şi sintetică a informaţiei se desfăşoară începând de la nivelul receptorilor şi atinge un maximum de complexitate la nivelul scoarţei cerebrale.

Senzaţiile sunt procese psihice senzoriale elementare prin care se semnalizează separat, în forma imaginilor simple şi primare, însuşirile concrete ale obiectelor şi fenomenelor, în condiţiile acţiunii directe a stimulilor asupra organelor de simţ (analizatori).

Semnalele primite de organism sunt preluate de receptori dacă intensitatea stimulului depăşeşte o anumită valoare numită valoare prag şi dacă stimulul acţionează cel puţin un anumit interval de timp considerat necesar.

Receptorul sau segmentul periferic al analizatorului este reprezentat de *celule nervoase specializate sau celule receptoare având rolul de a transforma informaţia adusă de stimul în informaţie de tip nervos*. Această transformare are loc în doi paşi:

1. apariţia potenţialului de receptor şi apoi,
2. apariţia potenţialului de acţiune.

Există mai multe criterii de clasificare a receptorilor:

După tipul ţesutului care constituie receptorul, deosebim:

- situaţia în care excitantul acţionează *direct asupra neuronului senzitiv* (receptori olfactivi, tegumentari, musculari);
- situaţia în care stimulul acţionează *asupra unor celule epiteliale specializate* care vor stimula apoi neuronii senzitivi (receptorii vizuali, gustativi, auditivi).

După situaţia lor topografică, receptorii pot fi de mai multe tipuri:

- *exteroreceptori*, situaţi la suprafaţa corpului şi care aduc informaţii despre mediul extern (receptorii auditivi, vizuali, olfactivi, gustativi, tactili, etc);
- *interoreceptori*, situaţi în interiorul corpului, aducand informaţii despre mediul intern (proprioreceptorii musculari, visceroreceptorii organelor interne),

După tipul excitantului, sunt următoarele categorii de receptori:

- *mecanoreceptori*, care preiau informaţii despre deformările

mecanice (receptorii de presiune, de tact, de distensie din organele interne);

- *chemoreceptori*, care semnalizează modificările chimice ale mediului intern sau extern (receptorii olfactivi, gustativi, glucoreceptorii);
- *termoreceptorii*, care receptează variaţiile de temperatură ale mediului intern sau extern.

Răspunsul în timp al unui receptor la acţiunea continuă a unui stimul nu este liniar. Acest răspuns variază în timp în cazul receptorilor fazici, respectiv este constant în timp în cazul receptorilor tonici.

Fenomenul de modificare în timp (în sensul diminuării pană la sistare) a răspunsului receptorilor fazici la acţiunea unui stimul care nu se modifică se numeşte *adaptare*.

- *Receptorii fazici* sunt rapid adaptabili, în această categorie intrand receptorii de presiune şi tact. Rolul lor este de a transmite prompt informaţii despre stimulii care îşi modifică continuu parametrii.
- *Receptorii tonici* nu sunt adaptabili, transmiţand continuu semnale, în condiţiile în care parametrii stimulului nu variază. Rolul lor este de a informa despre stimulii a căror acţiune excitatoare nu se modifică. Cel mai important tip de receptori tonici sunt algoreceptorii (receptorii pentru durere) care emit continuu impulsuri nervoase, atata timp cat cauza care a produs durerea nu încetează. Algoreceptorii intervin în apărarea organismului faţă de acţiunea potenţial sau real nocivă a unui stimul.

Calea aferentă sau segmentul de conducere al analizatorului este reprezentată de formaţiunile anatomice prin care informaţia ajunge de la receptor la segmentul central. Aceste formaţiuni anatomice sunt fibre nervoase ascendente senzitive. Căile aferente pot fi de două tipuri: directe sau indirecte.

Calea directă este calea spino-talamo-corticală, care prezintă sinapse puţine, avand rolul de a transmite rapid informaţiile care vor fi proiectate cortical într-o arie specifică. Această cale este compusă din trei neuroni. Primul neuron este situat la nivelul ganglionilor spinali de pe rădăcina posterioară a măduvei spinării. Al doilea neuron se află

localizat la nivelul coarnelor posterioare medulare. Al treilea neuron este situat în talamus, iar axonul său ajunge la nivelul scoarţei cerebrale, în zona de proiecţie specifică a analizatorului respectiv.

Calea indirectă este reprezentată de sistemul reticulat ascendent activator şi este o cale polineuronală, fiind compusă din mai mulţi neuroni. Pe această cale informaţiile sunt transmise mai lent, fiind proiectate cortical difuz şi nespecific. Sistemul reticulat ascendent activator este implicat în menţinerea stării de veghe, în asigurarea unei stări de excitaţie difuză a cortexului, necesară pentru recepţia stimulilor specifici.

Segmentul central este reprezentat de zona de proiecţie specifică a analizatorului respectiv. Rolul segmentului central este de a realiza prelucrarea complexă a informaţiei primite. Prin această prelucrare, scoarţa cerebrală participă la elaborarea proceselor psihice numite *senzaţii şi percepţii*.

Curs 6

Analizatorul vizual

Analizatorul vizual este capabil de a recepta undele electromagnetice, informaţiile vizuale reprezentând peste 90% din totalitatea informaţiilor senzoriale. Rolul analizatorului vizual este de maximă importanţă, intervenind în prelucrarea specifică a informaţiilor vizuale, dar şi în general în adaptarea la mediu.

De asemenea, analizatorul vizual are o participare semnificativă în realizarea unor procese psihice corticale ca de exemplu atenţia.

Analizatorul vizual prezintă în alcătuirea sa *componentele comune* ale unui analizator în general, dar şi *componente specifice*.

Componentele comune sunt:

 segmentul periferic (receptorul), reprezentat de retină

 segmentul de conducere, reprezentat de nervii optici

 segmentul central, reprezentat de zona de proiecţie corticală a analizatorului vizual (cortexul vizual)

Componenta specifică a analizatorului vizual este aparatul optic.

Aparatul optic este o structură funcţională care are rolul de a realiza focalizarea pe retină a razelor luminoase, proces posibil datorită prezenţei în alcătuirea sa a unor elemente optice puternice. Aparatul

optic este alcătuit din patru medii refringente (transparente):

1. corneea,
2. umoarea apoasă,
3. cristalinul şi
4. corpul vitros.

Aparatul optic este situat din punct de vedere anatomic în interiorul globului ocular.

Globul ocular are forma unei sfere care se continuă posterior cu nervul optic.

Este alcătuit din trei tunici concentrice, cu o parte anterioară mai proeminentă şi conţine medii transparente.

Globul ocular ocupă partea anterioară a orbitei şi este puţin mai apropiat de peretele ei lateral. Axele celor doi globi oculari sunt aproape paralele, în timp ce ale orbitelor diverg în mod net. Axul globului ocular nu coincide cu cel al orbitei.

Peretele globului ocular este format, din afară înăuntru din cele trei tunici:

— tunica fibroasă, formată din sclerotică şi cornee
— tunica vasculară, alcătuită din coroidă, corp ciliar şi iris
— tunica nervoasă, constituită din retina optică şi cea oarbă.

Conţinutul globului ocular este reprezentat prin mediile transparente (aparatul optic):

— corneea
— umoarea apoasă
— cristalinul
— corpul vitros.

Corneea este o structură anatomică situată la polul anterior al globului ocular. Faţa sa anterioară este în contact cu faţa posterioară a pleoapelor (când pleoapele sunt închise), respectiv cu deschizătura palpebrală (când pleoapele sunt deschise). Faţa sa posterioară delimitează camera anterioară a globului ocular care conţine umoarea apoasă. Din punct de vedere histologic ea este transparentă, avasculară, bogat inervată. Aceste particularităţi de structură îi conferă *proprietăţile funcţionale caracteristice*:

— fiind transparentă permite trecerea undelor electromagnetice

— fiind avasculară nu prezintă riscul respingerii imunologice, fapt ce permite realizarea transplantelor de cornee (corneea este hrănită prin difuzie din umoarea apoasă)

— inervaţia bogată (realizată de către nervul cranian V trigemen) prezintă importanţă în cursul intervenţiilor chirurgicale, având în vedere faptul că în cursul anesteziei generale sensibilitatea corneeană dispare ultima.

Umoarea apoasă este un lichid transparent care ocupă camera anterioară şi posterioară a globului ocular, între cornee şi cristalin. Acest spaţiu ocupat de umoarea apoasă este împărţit de iris în două zone topografice, care comunică prin orificiul pupilar. Umoarea apoasă este secretată de procesele ciliare, are compoziţie asemănătoare plasmei sanguine, reprezentând calea principală prin care substanţele nutritive sunt aduse la nivelul corneei şi cristalinului.

Cristalinul este o lentilă biconvexă situată posterior de iris şi anterior de corpul vitros, în dreptul proceselor ciliare şi al muşchiului ciliar. Este învelit de o capsulă (cristaloida) din care poate fi extras operator în caz de opacifiere sau cataractă. Crsitalinul este avascular, fiind format din mai multe straturi concentrice de celule epiteliale. Menţinerea în poziţie a cristalinului este realizată de un ligament suspensor care este inserat pe cristaloidă la o extremitate a sa, iar la cealaltă extremitate este inserat pe muşchiul ciliar. În repaus ligamentul suspensor este întins şi cristalinul este reglat pentru vederea la distanţă. Când muşchiul ciliar se contractă ligamentul suspensor se relaxează, convexitatea cristalinului creşte şi este posibilă vederea de aproape.

Cristalinul poate fi *sediul unor procese patologice oculare*: presbiţia (datorată pierderii elasticităţii cristalinului odată cu înaintarea în vârstă) şi cataracta (datorată pierderii transparenţei cristalinului).

Corpul vitros este un lichid vâscos şi transparent poziţionat anatomic posterior de cristalin şi anterior de cornee. Corpul vitros prezintă mai multe *roluri*:

— rol trofic, facilitând aportul la nivelul retinei al substanţelor nutritive, precum şi eliminarea cataboliţilor retinieni

— rol optic, fiind un mediu refringent

— rol termoizolator

— rol mecanic, contribuind la menţinerea formei şi poziţiei globului ocular (fiind un amortizor al şocurilor şi al mişcărilor oculare), la menţinerea în poziţie a cristalinului (faţa posterioară a cristalinului este situată în foseta hialoidă), precum şi la realizarea protecţiei retinei (împiedică dezlipirea retinei).

 Învelişul extern al globului ocular este format din cornee şi sclerotică. Corneea este situată în şesimea anterioară a globului, iar sclerotica înveleşte restul globului ocular în partea posterioară. Sclerotica este o membrană fibroasă alcătuită din ţesut conjunctiv fibros. Pe faţa sa externă se găsesc inserţiile muşchilor drepţi şi oblici ai globului ocular.

 Învelişul mijlociu al globului ocular este format anterior de iris şi corpul ciliar iar posterior de coroidă.

Irisul este o diafragmă verticală, circulară care reglează cantitatea de lumină care pătrunde în interiorul globului ocular. Este uşor concav posterior şi prezintă în centru un orificiu numit pupilă.

Corpul ciliar este alcătuit din *procesele ciliare* şi *muşchiul ciliar*. Procesele ciliare sunt ghemuri vasculare dependente de arterele ciliare lungi şi dispuse sub forma unei coroane ciliare. Muşchiul ciliar ocupă partea externă a corpului ciliar şi se inseră pe capătul anterior al scleroticii, fiind format din fibre netede dispuse circular, longitudinal şi radiar. Muşchiul ciliar este implicat în acomodarea cristalinului pentru vederea obiectelor apropiate.

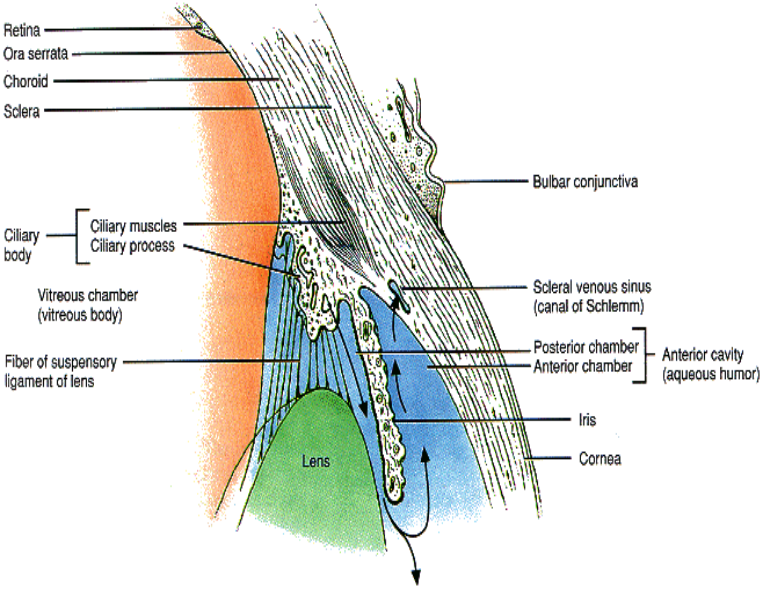
Coroida căptuşeşte sclerotica fiind o membrană puternic vascularizată de culoare brun-negricioasă. Coroida are rol trofic, intervenind în hrănirea celulelor retiniene (datorită vascularizaţiei intense) şi rol optic, formând camera obscură a globului ocular (datorită celulelor pigmentare).

 Învelişul intern al globului ocular este reprezentat de tunica nervoasă, retina.

_____

iii)

iv)



Fixaţi cunoştinţele analizând cu atenţie imaginile care urmează:

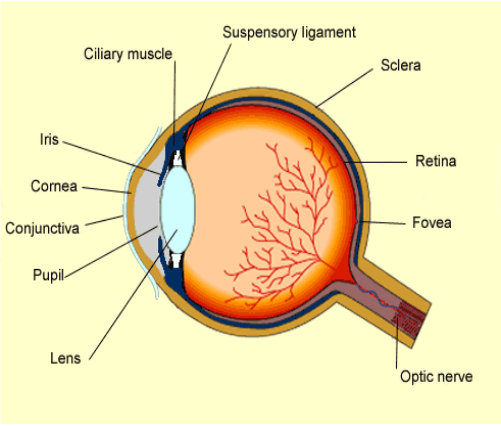


Fig. 23 – Globul ocular

Fig. 24 – Procesele ciliare – detaliu

Curs 7

Receptorul analizatorului vizual

Retina reprezintă segmentul periferic sau receptorul analizatorului vizual.

Din punct de vedere embriologic retina derivă din ectoderm, iar din punct de vedere histologic este considerată o prelungire a sistemului nervos central. Este formată din 6 straturi celulare.

Retina este situată posterior de coroidă, fără a adera de ea, căptuşind cele două treimi posterioare ale globului ocular. Se întinde de la punctul de intrare a nervului optic în globul ocular până aproape de corpul ciliar, unde se termină printr-o margine bine delimitată, vizibilă cu ochiul liber, numită *ora serrata*.

Retina vizuală prezintă o regiune mică, numită *pata galbenă* (*macula lutea*), implicată în vederea precisă a obiectelor.

Stratul celulelor receptoare este format din celule cu conuri şi bastonaşe. Există aproximativ 125 milioane de celule cu bastonaşe şi 5,5 milioane de celule cu conuri.

Celulele cu bastonaşe sunt implicate în recepţia luminii crepusculare (vederea scotopică), iar *celulele cu conuri* în recepţia luminii diurne (vederea colorată).

Macula lutea sau pata galbenă este o regiune eliptică de 1,5/3 mm, situată exact la polul posterior al globului ocular. Ea prezintă o depresiune centrală numită *fovea centralis*. La nivelul maculei nu se găsesc decât celule cu conuri.

Pata oarbă este o zonă circulară, de 1,5 cm diametru, funcţional oarbă şi situată medial de polul posterior al globului ocular. La acest nivel nervul optic şi artera oftalmică se află în legătură cu retina.

Celulele receptoare (cu conuri sau bastonaşe) fac sinapsă cu neuronii bipolari ai căii optice, iar aceştia se anastomozează cu neuronii multipolari, ai căror axoni formează nervul optic. Nervul optic părăseşte retina la nivelul petei oarbe, apoi trece în orbită iar apoi, prin gaura optică trece în cutia craniană.

Segmentul de conducere al analizatorului vizual

Informaţiile recepţionate de receptorul analizatorului vizual (retina) sunt conduse prin nervii optici.

Calea optică este formată din trei neuroni:

— *primul neuron* este neuronul bipolar situat intraretinian; acesta preia informaţiile de la celulele cu conuri sau cu bastonaşe

— *al doilea neuron* este neuronul multipolar, care are dendritele şi

corpul celular intraretinian; axonul său iese din globul ocular la nivelul papilei optice şi formează nervul optic

— *al treilea neuron* este metatalamo-cortical, situat în corpul geniculat lateral al metatalamusului; axonul său ajunge la nivelul cortexului vizual.

De pe căile optice se desprind fibre care merg la coliculii cvadrigemeni superiori, nucleii pretectali şi talamusul lateral şi ventral.

Ca urmare a existenţei cristalinului, cu funcţie de lentilă, câmpul retinian temporal percepe razele luminoase venite din partea nazală şi invers, ceea ce, asociat cu modalitatea de încrucişare a fibrelor în chiasma optică explică vederea binoculară. Axonii neuronilor multipolari din câmpul temporal retinian rămân homolaterali, neîncrucişându-se în chiasma optică; cei din câmpul nazal se încrucişează în totalitate (din câmpul nazal drept trec în tractul nazal stâng şi invers); cei maculari se încrucişează parţial, unii direct iar alţii indirect; fibrele celulelor pupilare au o dispoziţie asemănătoare cu cele ale axonilor multipolari maculari. De exemplu în tractul optic stâng vom avea: toate fibrele din câmpul temporal al retinei stângi, toate fibrele din câmpul nazal al retinei drepte, o parte din fibrele zonelor maculare dreaptă şi stângă, o parte din fibrele pupilare din retinele dreaptă şi stângă.

Segmentul central al analizatorului vizual

Segmentul central este reprezentat de *cortexul occipital*, ariile 17, 18, 19. *Aria 17* este aria primară, fiind dispusă de o parte şi de alta a fisurii calcarine. Aici are loc analiza organizării spaţiale a imaginilor. *Aria 18* (*aria parastriată*) este situată în jurul ariei 17, fiind implicată în memoria vizuală, precum şi în diferenţierea obiectelor în mişcare de cele statice. *Aria 19* (*aria peristriată*) are rolul de a analiza comparativ informaţiile vizuale recepţionate recent cu cele stocate anterior. Ariile 18 şi 19 sunt arii corticale unde are loc analiza integrativă complexă a informaţiilor vizuale.

Formarea imaginii pe retină

Formarea imaginii pe retină este posibilă datorită aparatului optic. Aparatul optic este o structură funcţională care are rolul de a realiza

focalizarea pe retină a razelor luminoase, proces posibil datorită prezenţei în alcătuirea sa a unor elemente optice puternice. Aparatul optic este alcătuit din patru medii refringente: corneea, umoarea apoasă, cristalinul şi corpul vitros.

Imaginea formată în fovea centralis este reală, *răsturnată şi mai mică decât obiectul privit*. "Ochiul redus" este reprezentarea convenţională a aparatului optic situat în interiorul globului ocular. "Ochiul redus" este o lentilă cu putere de refracţie de 59 de dioptrii. Dintre mediile refringente conţinute în interiorul globului ocular, la realizarea puterii de refracţie cel mai mult participă corneea şi cristalinul.

Acomodarea ochiului

Succesiunea de fenomene prin care se formează pe retină imagini clare ale obiectelor situate la distanţe diferite faţă de ochi este cunoscută sub numele de acomodarea ochiului. Acomodarea este posibilă datorită următoarelor trei fenomene:

— *reglarea cantităţii de lumină care ajunge la retină* (realizată prin reflexul pupilar);

— *acomodarea globului ocular pentru vederea clară a obiectelor de aproape* (realizată prin intervenţia cristalinului, care îşi creşte puterea de refracţie);

— *convergenţa axelor globilor oculari*, cu scopul de a realiza suprapunerea în cortexul vizual a imaginilor de la cei doi ochi (realizată prin contracţia diferenţiată a musculaturii extrinseci a globilor oculari).

Adaptarea la lumină şi întuneric

Conform *teoriei duplicităţii* vederii conurile sunt implicate în recepţia luminii diurne, iar bastonaşele în recepţia luminii crepusculare. Sub acţiunea energiei luminoase la nivelul retinei este generat un *potenţial de receptor*, care este apoi preluat de structurile neuronale care alcătuiesc calea optică şi transmis sub forma unui potenţial de acţiune cortexului vizual unde are loc analiza acestei informaţii, rezultând senzaţii vizuale. Transformarea energiei luminoase în potenţiale de receptor, iar apoi generarea impulsului nervos au loc prin codificări şi decodificări ale informaţiei.

Substanţa fotosensibilă este prezentă la nivelul bastonaşelor şi conurilor. Substanţa fotosensibilă din bastonaşe este *rodopsina*, o proteină cromatică formată din două grupări: scotopsina (o lipoproteină) şi retinenul (un pigment proteic).

Captarea unei cuante de lumină de către rodopsină generează o succesiune de procese biochimice şi bioelectrice al căror rezultat este excitarea celulei receptoare. Sub acţiunea luminii are loc desfacerea substanţei fotosensibile (rodopsina) în cele două componente: *scotopsina* şi *retinenul*, această desfacere generând succesiunea de procese biochimice şi bioelectrice care au ca rezultat apariţia în retină a unui potenţial de receptor. Potenţialul de receptor retinian produs prin acţiunea luminii este expresia unei hiperpolarizări a celulelor receptoare. Această hiperpolarizare va determina mai apoi (ca urmare a unor fenomene mediate chimic prin intervenţia unor mediatori ca de exemplu dopamina şi acetilcolina) o depolarizare şi apariţia unui *potenţial de acţiune* la nivelul celulelor ganglionare.

La întuneric, în absenţa acţiunii luminii va avea loc refacerea rodopsinei, proces care are loc printr-o succesiune inversă.

Vederea colorată

Vederea diurnă este realizată datorită celulelor cu conuri, care se găsesc în număr foarte mare la nivelul petei galbene. Există mai multe teorii care vizează explicarea mecanismelor vederii colorate. Dintre acestea cea mai larg acceptată este teoria tricromatică a lui Young.

Conform *teoriei tricromatice a lui Young* în retină se găsesc trei tipuri de conuri, fiecare din aceste conuri conţinând câte o substanţă fotochimică ce corespunde unei culori primare (roşu, verde, albastru). Celelalte culori rezultă din combinaţia în proporţii diferite a celor trei culori primare. Stimularea simultană şi în proporţii egale a celor trei tipuri de conuri generează senzaţia de culoare alb, iar stimularea exclusivă a unui tip de conuri va determina senzaţia culorii respective.

Anomaliile vederii cromatice sunt datorate lipsei unuia sau tuturor pigmenţilor. Din punct de vedere semiologic se descrie *dicromazia* (incapacitatea de a recepta o anumită culoare, astfel incapacitatea de a recepta culoarea roşu se numeşte protanopia, incapacitatea de a recepta culoarea verde se numeşte deuteranopie, iar incapacitatea de

a recepta culoarea albastră se numeşte tritanopie), respectiv *acromatopsia* (absenţa totală a vederii cromatice).

_____

Analizatorii în 10 întrebări

1. Care sunt criteriile de clasificare ale receptorilor?
2. In ce constă diferenţa dintre receptorii fazici şi tonici?
3. Care sunt rolurile corpului vitros?
4. In ce constau proprietăţile funcţionale ale corneei?
5. Care sunt componentele învelişului mijlociu al globului ocular?
6. Care este componenţa căii optice?
7. Care sunt fenomenele care fac posibilă acomodarea?
8. Descrieţi succesiunea de fenomene implicate în realizarea adaptării la întuneric şi lumină.
9. In ce constă teoria tricromatică a lui Young?
10. Care sunt anomaliile vederii cromatice?

v) _____

vi) Fixaţi cunoştinţele analizând cu atenţie imaginile care urmează:

Fig. 25 – Structura retinei – schemă

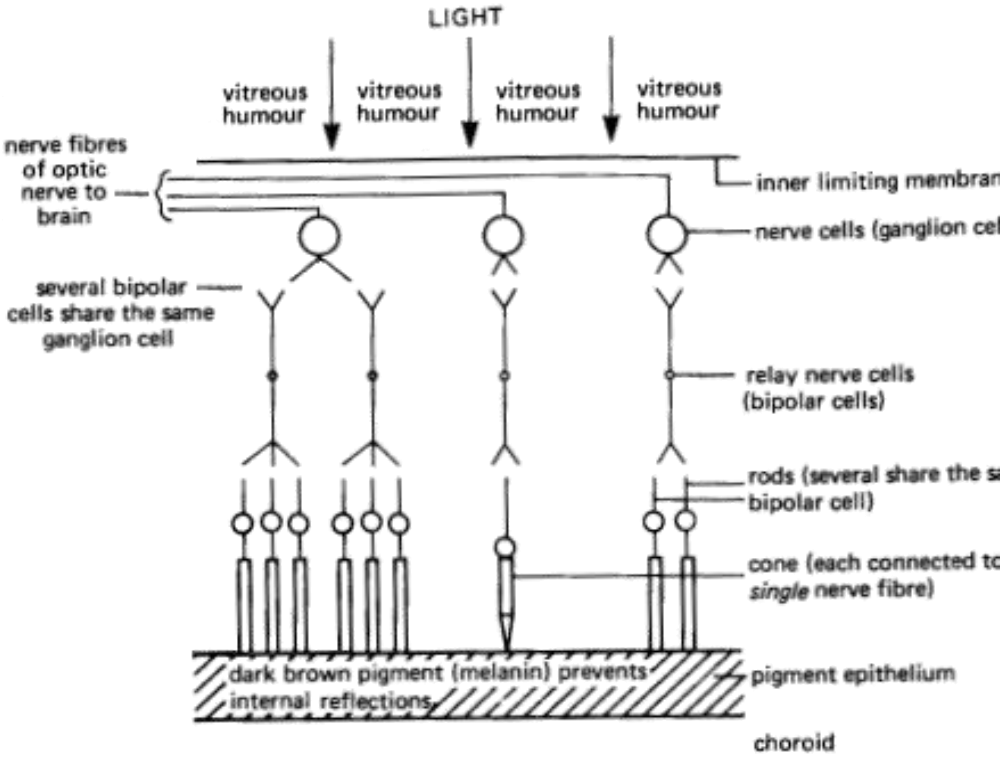


Fig. 26 – Acomodarea cristalinului pentru vederea la distanţă (a) şi de aproape (b)

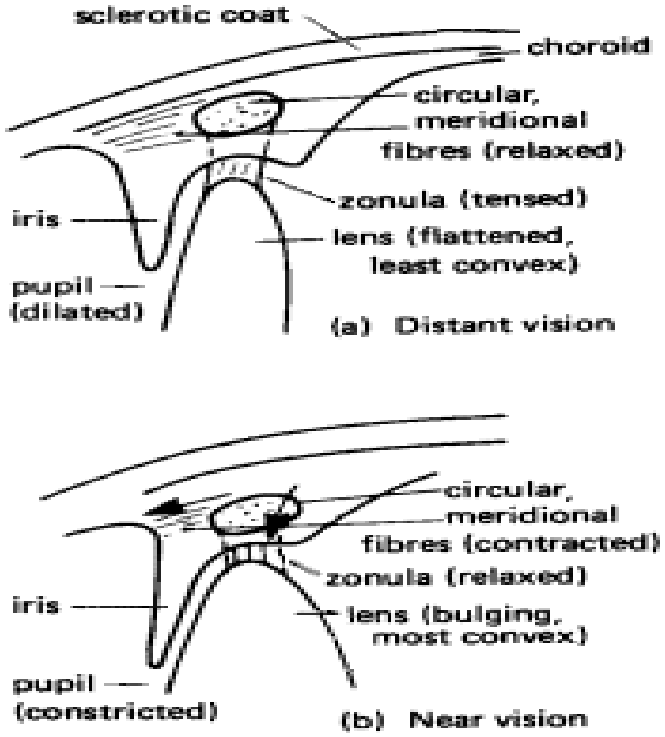


Fig. 27 – Ochiul emetrop (normal). Formarea imaginii pe retină

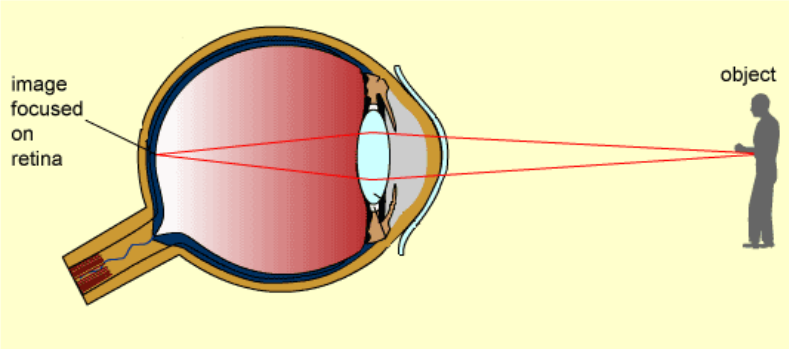


Fig. 28 – Formarea imaginii are loc în faţa retinei – ochi miop. Corecţie – lentile biconcave (divergente)

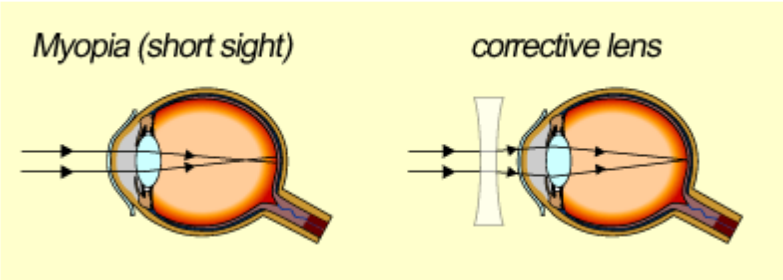
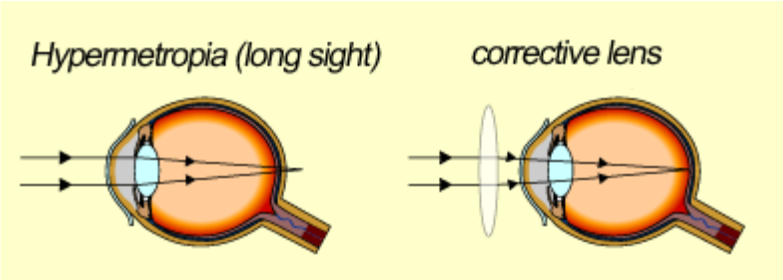


Fig. 29 – Formarea imaginii are loc în spatele retinei – ochi hipermetrop. Corecţie – lentile biconvexe (convergente)



Curs 8

Analizatorul auditiv

Din punct de vedere topografic receptorul analizatorului auditiv este situat la nivelul regiunii auriculare (urechea externă), regiunii cavităţii timpanice (urechea medie) şi regiunii labirintice (urechea internă).

Urechea internă conţine pe de o parte organul lui Corti, specializat în recepţia undelor sonore, iar pe de altă parte structurile receptoare ale analizatorului vestibular (implicat în menţinerea posturii, realizarea echilibrului şi menţinerea tonusului muscular).

Receptorul analizatorului auditiv

Urechea externă este formată din pavilionul urechii, conductul auditiv extern şi membrana timpanică.

Rolul urechii externe este de a capta, canaliza şi transmite undele

sonore lanţului de oscioare din urechea medie. Astfel, *pavilionul urechii* asigură captarea şi concentrarea undelor sonore, care vor fi conduse prin intermediul conductului auditiv extern spre *membrana timpanică*, care va intra în rezonanţă sub acţiunea lor. Vibraţiile timpanului vor fi transmise apoi lanţului de oscioare din urechea medie. *Conductul auditiv extern* are rolul de a proteja membrana timpanică, de a umidifica şi de a menţine aerul la o temperatură apropiată de cea corporală. De asemenea, conductul auditiv extern funcţionează ca o cameră de rezonanţă, realizând o intensificare a undelor sonore.

Urechea medie

Urechea medie este situată în porţiunea petro-mastoidiană a osului temporal, fiind compusă din trei porţiuni: cavitatea timpanului, trompa lui Eustachio, antrul mastoidian şi cavităţile mastoidiene. Ele sunt dispuse în lungul unui ax aproape paralel cu axul mare al stâncii temporale, fiind cavităţi pline cu aer, ventilarea lor făcându-se prin trompa lui Eustachio, care se deschide anterior în rinofaringe. Aceasta relaţie de vecinătate anatomică între faringe şi urechea medie explică posibilitatea propagării unor infecţii ale faringelui spre urechea medie.

În interiorul cavităţii timpanului se află cele *trei oscioare auditive* (ciocanul, nicovala, scăriţa), cele *cinci ligamente*, cei *doi mușchi* (muşchiul tensor al timpanului, sau muşchiul ciocanului şi muşchiul stapedius sau al scăriţei) şi sistemele articulare care pun în legătură funcţională aceste elemente anatomice.

Vibraţia timpanului deplasează în bloc cele două oscioare care alcătuiesc împreună o pârghie cu braţe inegale în care mişcările au caracter de balans. Mişcările scăriţei sunt asemănătoare unui piston care pune în mişcare perilimfa din rampa vestibulară a urechii interne. Perilimfa este un lichid cu inerţie mai mare decât a aerului, iar pentru a determina vibrarea sa este necesară o presiune mare. Această presiune mare este obţinută prin concentrarea undelor sonore şi prin amplificarea forţei de mişcare a undelor sonore. Concentrarea undelor sonore la nivelul ferestrei ovale se produce deoarece suprafaţa ferestrei ovale este mult mai mică decât a timpanului. Amplificarea forţei de mişcare a undelor sonore este realizată de sistemul de

pârghie format de oscioare care face ca mişcările scăriţei să fie asemănătoare unui piston. Aceste mişcări au amplitudine mică, dar forţă mare.

Trompa lui Eustachio este un conduct osteo-cartilaginos care leagă cavitatea timpanică de faringe, asigurând ventilaţia urechii medii.

Funcţia urechii medii este de a transmite, amplifica şi cupla eficient vibraţiile aerului cu mediul lichid al urechii interne, de a realiza protecţia structurilor fixe ale urechii interne de mişcările excesive produse de unele sunete (amortizarea sunetelor) şi de a realiza egalizarea presiunii statice pe cele două feţe ale timpanului.

Transmiterea sunetelor se realizează în primul rând pe calea aeriană, descrisă deja. Este posibilă însă şi transmiterea pe cale osoasă, datorită faptului că vibraţiile oaselor craniului pot determina vibraţii ale lichidului cohlear.

Urechea internă este compusă dintr-o serie de cavităţi săpate în grosimea stâncii temporalului, medial de cavitatea timpanică. Aceste cavităţi formează *labirintul osos*, în interiorul căruia se găseşte *labirintul membranos*, în care se găsesc receptorii auditiv şi vestibular. Labirintul membranos este despărţit de labirintul osos printr-un mic spaţiu care conţine lichidul numit *perilimfă*. În interiorul labirintului membranos se găseşte un lichid asemănător, numit *endolimfă*. Labirintul conţine două zone topografice care sunt total diferite din punct de vedere anatomic şi funcţional:

— *vestibulul şi canalele semicirculare*, care conţin receptorii pentru echilibru şi orientarea corpului în spaţiu, informaţiile fiind preluate de nervul vestibular;

— melcul sau *cohleea*, care conţine receptorii analizatorului auditiv, informaţiile fiind preluate de nervul cohlear.

Melcul osos se află în interiorul urechii interne şi prezintă trei compartimente: rampa vestibulară, rampa timpanică şi melcul membranos. Rampa vestibulară şi rampa timpanică conţin un lichid numit perilimfă, iar melcul membranos conţine un lichid numit endolimfă. Între cele două lichide (perilimfă şi endolimfă) există un potenţial electric de 80 mV. În interiorul melcului membranos se găseşte organul Corti, situat pe membrana bazilară, conţinând celulele

receptoare auditive. Rampele vestibulară şi timpanică au rol protector şi de transmitere a undelor sonore, iar melcul membranos, fiind separat de cele două rampe prin pereţi elastici poate intra în oscilaţii, având rolul esenţial în recepţia auditivă.

Organul lui Corti sau receptorul auditiv este format dintr-un epiteliu senzorial, cu caractere particulare, aşezat pe membrana bazilară a melcului membranos. Epiteliul senzorial este format din două tipuri de celule: de susţinere şi senzoriale. Sunt două rânduri de celule de susţinere, mai înalte, depărtate prin bazele lor şi apropiate prin vârfuri, care formează *tunelul lui Corti*. Restul celulelor de susţinere se dipune între celulele senzoriale. Medial de tunelul lui Corti există un rând de celule senzoriale şi celule epiteliale, iar lateral două, trei sau chiar patru şiruri de celule senzoriale. Acestea sunt cu atât mai numeroase cu cât membrana bazilară se apropie de vârful melcului. Celulele senzoriale sunt ciliate la polul apical, iar la baza lor se găsesc prelungiri dendritice care le îmbracă şi care provin din neuronii ganglionului lui Corti.

Deasupra organului lui Corti se găseşte membrana *tectoria*, care realizează variaţii de contact cu cilii celulelor receptoare, pe care îi excită în raport cu mişcările endolimfei. Mişcarea endolimfei este sincronă cu mişcarea perilimfei din melc şi aceasta cu mişcarea oscioarelor din urechea medie şi cu mişcarea timpanului. La baza melcului sunt percepute sunetele înalte, iar la vârful său sunetele joase.

Mecanismul auzului

Undele sonore sunt preluate de pavilion, apoi canalizate de conductul auditiv extern spre membrana timpanică. Vibraţiile timpanului sunt preluate de lanţul de oscioare din urechea internă, ajungând la scăriţă, fiind apoi transmise perilimfei din rampa vestibulară şi rampa timpanică. În final aceste vibraţii sunt transmise endolimfei din melcul membranos, mişcările endolimfei fiind preluate de membrana tectoria, fapt ce va determina excitarea cililor celulelor receptoare. Vibraţiile membranei bazilare şi ale membranei tectoria generează mişcări care îndoaie cilii celulelor receptoare. Deformarea mecanică a cililor va determina apariţia unui potenţial de receptor, iar

în momentul când acesta atinge valoarea prag determină apariţia unui potenţial postsinaptic excitator. Sumaţia potenţialelor postsinaptice excitatoare va determina producerea potenţialelor de acţiune, propagate în nervul cohlear.

Segmentul de conducere al analizatorului auditiv

Segmentul de conducere este reprezentat de *nervul cohlear*, sau ramura cohleară a nervului vestibulo-cohlear. Organul receptor primeşte dendrite de la neuronii bipolari din ganglionul Corti. Primul neuron se află la nivelul ganglionului lui Corti. Axonii acestor primi neuroni din ganglionul lui Corti se termină în bulb, în nucleii cohleari, unde fac sinapsă cu al doilea neuron.

Axonii celui de-al doilea neuron se îndreaptă homolateral şi contralateral spre tuberculii cvadrigemeni inferiori ai mezencefalului, care reprezintă un centru pentru reflexele legate de auz.

Al treilea neuron este situat în corpii geniculaţi mediali ai metatalamusului. Axonul său se proiectează pe scoarţa cerebrală, în cortexul auditiv.

Segmentul central

Cortexul auditiv se află localizat în regiunea temporală şi în cea parietală. *Aria auditivă primară* se află în regiunea temporală, fiind considerată arie receptivă, iar *aria de asociaţie* în regiunea parietală şi este considerată arie cognitivă.

_____

Analizatorii în întrebări

1. Care este rolul conductului auditiv extern?
2. Care sunt componentele anatomice ale urechii medii?
3. Care este funcţia urechii medii?
4. Descrieţi structura organului Corti.
5. Care este calea de conducere a analizatorului auditiv?

vii) _____

viii) Fixaţi cunoştinţele analizând cu atenţie imaginile care urmează:

Fig. 26 – Alcătuirea urechii

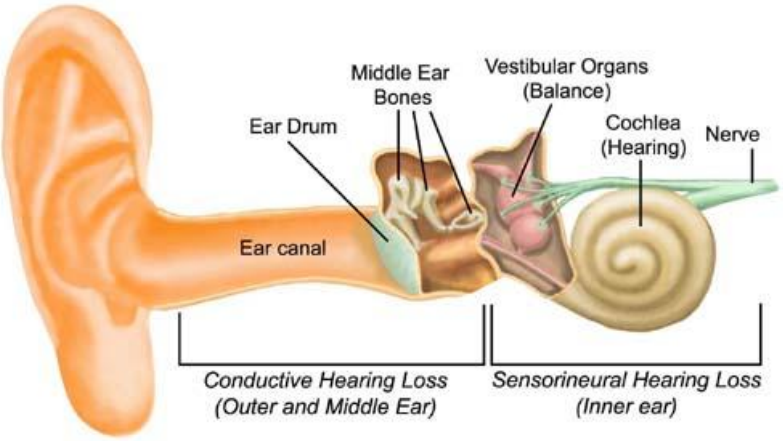


Fig. 27 – Alcătuirea urechii

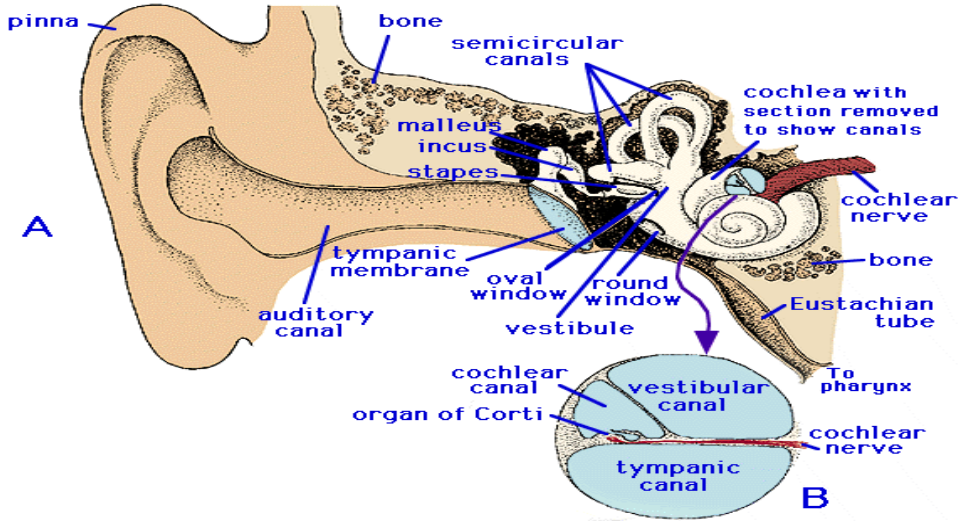


Fig. 28 – Cohlea. Organul Corti în canalul cohlear

Fig. 29 – Organul Corti. Schemă-detaliu

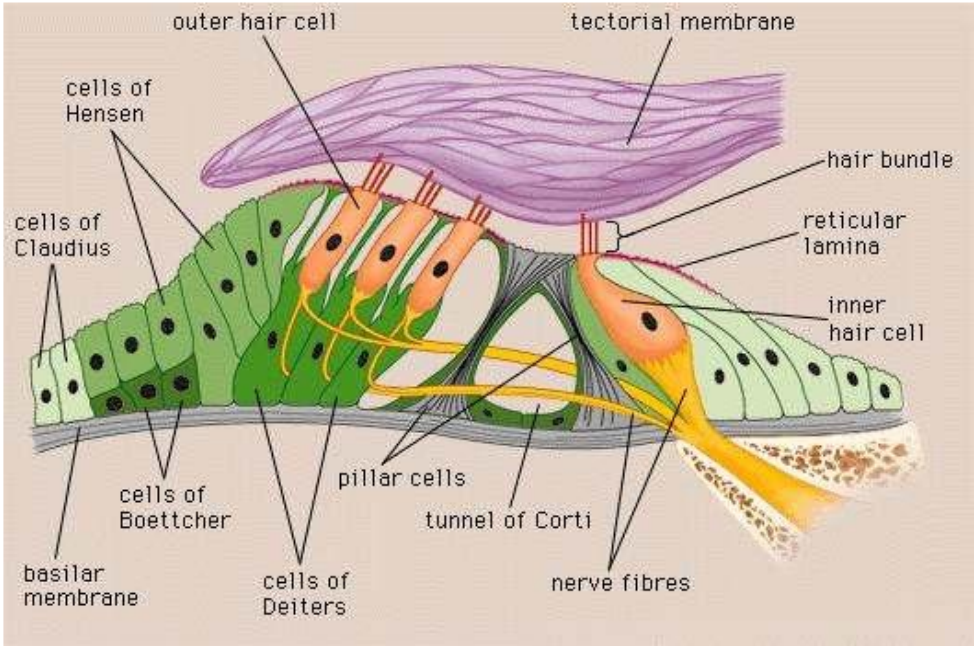
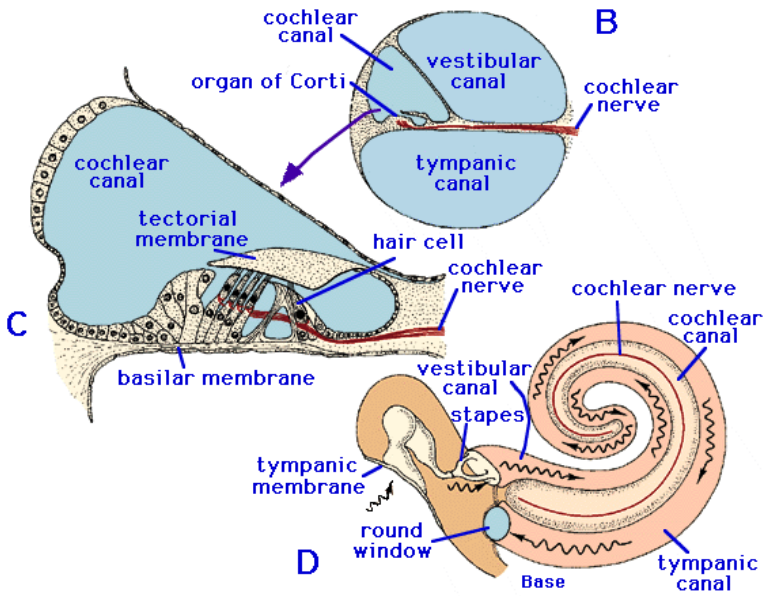


Fig. 30 – Mecanismul auzului



Secţiunea C

Reglarea proceselor afective şi comportamentale

Curs 9

Bazele fiziologice ale proceselor emoţionale

Emoţiile sunt procese psihice a căror organizare structurală şi funcţională implică intercorelări complexe de natură biologică, expresiv-comportamentală şi subiectiv-personală.

 Aspectele biologice se referă la totalitatea structurilor SNC care participă la derularea proceselor afective, precum şi la funcţiile ataşate acestor structuri (structurile nervoase şi endocrine implicate în coordonarea proceselor emoţionale situate la nivelul trunchiului cerebral, sistemului limbic, hipotalamusului, masei cerebrale şi scoarţei cerebrale, a căror activitate este coordonată atât de sistemul nervos central, cât şi de sistemul nervos periferic, precum şi atât de sistemul nervos somatic, cât şi de sistemul nervos vegetativ, toate în

corelaţie cu sistemul endocrin).

 Aspectele expresiv-comportamentale se referă la comportamentele faciale, expresiv-verbale, posturale şi gestuale prin care emoţiile sunt exprimate.

 Aspectele subiectiv-personale ale proceselor emoţionale se referă la totalitatea experienţelor personale de trăire subiectivă a acestor procese psihice. In acest context, procesele cognitive, limbajul şi activităţile instrumentale sunt definite ca procese psihice aflate în relaţie de determinare reciproc-cauzală cu procesele afective.

Procesele emoţionale conţin mai multe dimensiuni, studiate de discipline care oferă prin aportul lor o imagine unitară:

— modificări *organice vegetative* (studiate de psihofiziologie);

— manifestări *comportamentale* (studiate de behaviorism);

— trăirea afectivă ca *fapt psihic* (obiect de studiu al unor orientări psihologice ca de exemplu psihanaliza sau psihologia cognitivă).

Studierea proceselor emoţionale este, în concluzie, o *zonă a interdisciplinarităţii*.

Sentica, ştiinţa emoţiilor, este o disciplină recentă care abordează procesele emoţionale interdisciplinar, coreland datele oferite de fiziologie şi psihologie.

Un studiu al psihofiziologiei emoţiilor trebuie să cuprindă următoarele aspecte:

— structurile SNC implicate în fiziologia proceselor afective;

— dimensiunile proceselor afective;

— modele şi teorii ale afectivităţii.

Structuri ale SNC implicate în fiziologia proceselor afective

Ipoteza existenţei unor structuri anatomice care sunt implicate în derularea proceselor afective nu este nouă. Kluver şi Bucy (apud Dorofteiu, 1992) au demonstrat experimental încă din 1939 importanţa polului anterior al lobului temporal şi a amigdalei în coordonarea proceselor afective. Astfel, cercetătorii menţionaţi au extirpat polul anterior al lobului temporal şi amigdala la maimuţe de sex masculin, constatând modificări ale comportamentului afectiv, alimentar şi sexual. Maimuţele la care s-a practicat ablaţia zonelor respective au devenit foarte prietenoase, teama lor anterioară faţă de

examinator sau faţă de alte animale dispărând complet.

Alte consecinţe observate au fost cecitatea psihică, tendinţa de examinare orală a obiectelor, precum şi modificări ale comportamentului alimentar şi sexual.

Studiile ulterioare au confirmat primele observaţii experimentale făcute în anii 30, bazate pe observarea comportamentului animalelor supuse extirpării în scop experimental, sau stimulării chimice sau electrice a diverselor zone ale SNC, bănuite ca fiind implicate din punct de vedere organic în coordonarea funcţiilor psihice. Neuroştiinţele moderne sunt în zilele noastre în posesia unor mijloace tehnice de mare rafinament care permit o abordare experimentală extrem de specifică în demersurile de cercetare a organizării structural-funcţionale a SNC. Astfel, metode ca EEG (electroencefalograma), RMN (rezonanţa magnetică nucleară), CT (tomografia computerizată), PET (tomografia cu emisie de pozitroni) sunt folosite frecvent în laboratoarele de neurofiziologie.

Structurile nervoase implicate în coordonarea proceselor emoţionale sunt trunchiul cerebral, sistemul limbic, hipotalamusul şi scoarţa cerebrală.

Caracterul simultan psihic, comportamental şi organic al proceselor afective se explică prin participarea la coordonarea proceselor afective a unor structuri nervoase aparţinând atât sistemului nervos central, cât şi sistemului nervos periferic, precum şi atât sistemului nervos somatic, cât şi sistemului nervos vegetativ.

Participarea trunchiului cerebral la coordonarea proceselor afective se face prin rolul de producător de mediatori chimici pe care nucleii trunchiului îl deţin, precum şi prin rolul de integrator senzorial pe care trunchiul cerebral îl deţine.

Sistemul limbic este direct implicat prin prelucrarea informaţiilor senzoriale somatice, auditive, vizuale, gustative, olfactive, precum şi prin integrarea informaţiilor endocrine. Rolul hipotalamusului este de integrator somatic, vegetativ şi endocrin al emoţionalităţii, având în vedere poziţia sa cheie în controlul activităţii sistemului nervos vegetativ.

Cortexul deţine rolul de integrator final al proceselor emoţionale,

participarea cortexului fiind specifică în ceea ce priveşte conştientizarea trăirilor afective.

Caracterul subiectiv al trăirilor emoţionale este posibil prin implicarea în coordonarea afectivităţii a celor două sisteme antagoniste: sistemul pozitiv colinergic parasimpatic, răspunzător de apariţia stărilor emoţionale plăcute şi sistemul negativ adrenergic simpatic, răspunzător de apariţia stărilor emoţionale neplăcute.

Trunchiul cerebral

Trunchiul cerebral este implicat în fiziopatologia proceselor afective (de exemplu în anxietate) prin următorii nuclei: nucleul locus coeruleus, nucleii rafeului dorsal şi nucleul paragigantocelular.

Nucleul pontin *locus coeruleus* este sursa principală de noradrenalină din SNC. Importanţa lui locus coeruleus în fiziopatologia anxietăţii este susţinută în primul rând prin argumentul structural-funcţional că acesta este locul de producere al noradrenalinei, care este un mediator chimic esenţial al sistemului simpatic, iar în al doilea rând prin observaţii experimentale care arată efectele produse prin stimularea acestei zone a punţii.

Astfel, stimularea activităţii nucleului locus coeruleus cu yohimbină (antagonist adrenergic) determină eliberarea de noradrenalină şi intensificarea anxietăţii, în timp ce diminuarea activităţii nucleului locus coeruleus cu clonidină (agonist adrenergic) determină efecte de tip anxiolitic (Hoehn-Saric, 1982).

Si alţi neurotransmiţători, ca de exemplu adrenalina, serotonina, encefalinele, GABA influenţează activitatea noradrenergică a neuronilor din locus coeruleus. De asemenea, variate clase de principii farmacoterapeutice au efecte asupra acestui nucleu, motiv pentru care sunt folosite în farmacoterapia anxietăţii: amfetaminele, benzodiazepinele, antidepresivele triciclice (Dobrescu, 1989).

Participarea nucleilor rafeului dorsal la fiziopatogeneza anxietăţii se explică prin faptul că aceşti nuclei sunt locul de producere în SNC al serotoninei. Deşi serotonina este doar în cantitate mică prezentă în SNC comparativ cu alte zone (celulele enterocromatofine ale sistemului gastrointestinal şi mastocite, zone unde se află 90% din serotonina din organism), efectele 5HT sunt extrem de importante în

derularea metabolismului neuronal. Rolul serotoninei la nivelul SNC este acela de precursor al melatoninei, precum şi rolul de neurotransmiţător.

Locul central în controlul anxietăţii la nivelul trunchiului cerebral este ocupat de nucleul *paragigantocelular*, considerat a fi principala staţie de recepţie a semnalelor senzoriale. Nucleul paragigantocelular are rolul de a integra informaţiile interne şi externe şi de a coordona activitatea celorlalţi nuclei ai trunchiului cerebral. Neuronii nucleului paragigantocelular conţin receptori noradrenergici, serotonergici, colinergici si glutamatergici, fapt care demonstrează implicarea acestei zone în modularea complexă a proceselor afective şi în controlul anxietăţii. De maximă importanţă pentru înţelegerea modului în care aceste procese se derulează este şi conectarea acestor nuclei cu alte zone ale SNC cunoscute ca implicate în coordonarea proceselor afective: sistemul limbic şi hipotalamusul. Integrarea ierarhică a nucleilor trunchiului cerebral în aceste circuite neuronale demonstrează încă o dată organizarea sistemică a structurilor SNC care coordonează procesele afective.

Sistemul limbic

Sistemul limbic este o zonă anatomică situată la baza emisferelor cerebrale. Sistemul limbic cuprinde în componenţa sa mai multe structuri, dintre care cele mai importante sunt *nucleii amigdalieni* şi *hipocampul*. Sistemului limbic este implicat în coordonarea următoarelor funcţii şi procese: procesele afective (comportamentele de teamă şi furie, controlul anxietăţii), procesele motivaţionale, comportamentul alimentar, comportamentul sexual, ritmurile biologice.

Există argumente experimentale care susţin rolul sistemului limbic în fiziopatologia anxietăţii. Distrugerea experimentală la animale a nucleilor amigdalieni determină modificări comportamentale ale acestora, animalele devenind anormal de calme, nemanifestând furie agresivitate sau reacţii de protecţie faţă de stimulii traumatici (Dorofteiu, 1992). Stimularea experimentală a nucleilor amigdalieni determină o senzaţie de teamă, anxietate, neliniște. (Dorofteiu, 1992). Studii mai recente, bazate pe tehnici de imagistică cerebrală au reuşit

să demonstreze implicarea nucleilor amigdalieni în encodarea, consolidarea şi reactualizarea memoriilor emoţionale declarative.

Hipotalamusul

Hipotalamusul este considerat a fi zona din SNC cu cea mai mare importanţă în menţinerea constanţei mediului intern. Aferenţele hipotalamusului provin din zonele corticale, zonele sistemului limbic, hipofiză, nucleii trunchiului cerebral, precum şi de la receptorii senzoriali, care transmit informaţii senzoriale vizuale, auditive, olfactive, gustative. Existenţa neuronilor hipotalamici, cu rol de receptor în detectarea fluctuaţiilor concentraţiei unor substanţe metabolice, hormonilor, electroliţilor, presiunii osmotice şi temperaturii sângelui demonstrează rolul vital al hipotalamusului în asigurarea homeostaziei. Eferenţele hipotalamusului se îndreaptă spre trunchiul cerebral, hipofiză, talamus şi cortex.

Participarea hipotalamusului la fiziopatologia anxietăţii a fost demonstrată cu mult timp în urmă, într-un experiment clasic în neurofiziologie. Karplus şi Kriedl au realizat în 1909 stimularea unor zone diverse ale hipotalamusului, obţinând diferite tipuri de modificări comportamentale, în funcţie de zona stimulată (apud Dorofteiu, 1992). Astfel, stimularea zonei posterolaterale a hipotalamusului determină ceea ce autorii au numit furia falsă sau aparentă, comportament de tip anxios, caracterizat prin panică intensă, însoţită de fenomene somatomotorii (comportament agresiv) şi fenomene vegetative (tahipnee, tahicardie, hipertensiune arterială, piloerecţie, midriază). Acest comportament este fără o cauză obiectivă. Intreruperea legăturii dintre hipotalamus şi trunchiul cerebral printr-o secţiunare a zonei posterioare hipotalamusului cauzează întreruperea acestui comportament. De asemenea, îndepărtarea sau stimularea nucleilor amigdalieni modulează acest comportament. Aceste observaţii experimentale arată rolul hipotalamusului în controlul anxietăţii, precum şi participarea sa la circuitele neuronale care implică nucleii trunchiului cerebral şi nucleii amigdalieni. Comportamentul de tip furie falsă sau aparentă poate fi indus şi prin decorticarea experimentală, stare în care este anulat controlul cortical al activităţii hipotalamusului, ceea ce demonstrează rolul modulator al cortexului.

Neocortexul

Neocortexul participă în totalitate la coordonarea proceselor afective, dar segmentul anterior al lobului frontal (cortexul prefrontal) este în mod special implicat. Unele cercetări s-au concentrat asupra rolului zonelor cortexului prefrontal, în timp ce alte studii au demonstrat participarea globală a neocortexului la coordonarea proceselor afective.

Studiile EEG au demonstrat participarea globală a neocortexului în stările de anxietate (Noyes si Hoehn-Saric, 1998).

Zona cortexului orbitofrontal median este implicată în integrarea informaţiilor senzoriale de la la zone subcorticale (nucleii trunchiului cerebral, nucleii amigdalieni, hipotalamus) cu cele de la ariile senzoriale corticale. Intre zonele cortexului prefrontal, nucleul locus coeruleus şi zonele sistemului limbic există influenţe reciproce. Ipoteza implicării preponderente a cortexului drept în emoţiile negative este susţinută prin date experimentale obţinute prin EEG şi tehnici de imagistică cerebrală.

Verificaţi-vă cunoştinţele:

1. Care sunt structurile SNC implicate în fiziopatologia proceselor afective?

2. In ce constă participarea hipotalamusului la coordonarea fiziologică a proceselor afective?

3. Care este rolul neocortexului în dinamica proceselor emoţionale?

Curs 10

(b) Modele fiziologice ale proceselor afective cu aplicaţii clinice

Modelul modulării tulburărilor emoţionale prin intermediul neurotransmiţătorilor a fost pentru prima dată menţionat cu aplicabilitate la *depresie*. Această ipoteză explicativă a fost una dintre primele ipoteze biologice explicative ale depresiei (Schildkraut, 1965; Glassman, 1969). Conform lui Schildkraut depresia se datorează unui deficit de neurotransmiţători. Prin analogie, mania a fost considerată ca datorându-se unui surplus de neurotransmiţători (Schildkraut, 1965).

Bazându-se pe aceste cercetări de fiziopatologia neuronului, au fost puse încă de atunci la punct scheme de tratament, care cuprindeau utilizarea unor principii farmacologice care vizau modularea acestor valori. De exemplu, modul de acţiune al antidepresivelor triciclice constă în creşterea nivelului funcţional al norepinefrinei şi serotoninei la nivelul sinapsei interneuronale, probabil prin blocarea intrării în celula nervoasă a acestor substanţe. Pentru a valida aceste ipoteze au fost elaborate cercetări clinice care au demonstrat modificări ale nivelului metaboliţilor monoaminelor în sânge, urină şi lichidul cerebrospinal. Aceşti metaboliţi au fost acceptaţi ca posibili markeri biologici ai depresiei.

Alte studii au arătat că specificitatea modificării nivelului acestor metaboliţi este discutabilă, având în vedere existenţa şi a altor afecţiuni în care se poate observa alterarea nivelului acestor variabile biologice.

Mai recent, s-au formulat ipoteze, bazate pe cercetări moleculare care au demonstrat din ce în ce mai specific modul în care neurotransmiţătorii intervin în *modularea emoţionalităţii*. Conform acestor cercetări, unele de dată foarte recentă, modelul dereglării neurochimice include mecanisme de acţiune mult mai complexe în determinarea şi întreţinerea fiziopatologică a tulburărilor emoţionale.

Termenul de "*modulare*" este folosit pentru a indica faptul că unii mediatori chimici eliberaţi de neuroni determină reacţii complexe, atât de tip potenţial post sinaptic excitator, cât şi de tip potenţial post sinaptic inhibitor. Aceste substanţe au fost încadrate într-o categorie distinctă, numită *neuromodulatori*.

Din punct de vedere fiziologic există diferenţe, dar şi asemănări între mediatorii chimici şi neuromodulatori.

Mediatorii chimici acţionează asupra canalelor ionice, efectele produse sunt rapide şi directe (intevalul de timp după care apare efectul neuronal fiind de ordinul secundelor), acţiunea fiind atât asupra receptorilor presinaptici, cât şi asupra receptorilor postsinaptici.

Neuromodulatorii au o acţiune mediată prin intemediul sistemului celui de-al doilea mesager, acţiunea lor determină efecte de lungă

durată asupra proceselor psihice complexe, ca de exemplu activităţi senzoriale, motorii, motivaţia, procesele afective, învăţarea. Neuromodulatorii acţionează şi ei atât asupra componentei presinaptice, cât şi asupra componentei postsinaptice, diferenţa faţă de mediatorii chimici constând în faptul că neuromodulatorii pot acţiona în componente presinaptică asupra sintezei, eliberării, recuperării sau metabolizării mediatorilor chimici.

Funcţia de mediator chimic, de neuromodulator, sau de hormon poate fi îndeplinită de substanţe care pot avea numai una din aceste funcţii, sau de substanţe care pot îndeplini alternativ oricare din aceste funcţii.

Redăm în tabelul de mai jos o clasificare a mediatorilor chimici şi neuromodulatorilor (Roşioru, 1996)

1.	Acetilcolina (Ach)
2.	Amine biogene 1. Catecolamine: dopamina (DA), noradrenalina (NA), adrenalina 2. Serotonina (5-hidroxi-triptamina, 5HT) 3. Histamina
3.	Aminoacizi 1. Aminoacizi excitatori: glutamatul, aspartatul 2. Aminoacizi inhibitori: acidul gamma-aminobutiric (GABA), glic
4.	Neuropeptide 1. Endorfinele şi encefalinele 2. Substanţa P 3. Somatostatina 4. Peptidul vasoactiv intestinal 5. Peptidul colecistokinin-like (colecistokinina) 6. Neurotensina 7. Insulina 8. Gastrina 9. Glucagonul 10. Hormonul eliberator de tireotropină 11. Hormonul eliberator de gonadotropină (GnRH) 12. Adrenocorticotropina (ACTH) 13. Hormonul eliberator de corticotropină

	14. Angiotensina II 15. Bradikinina 16. Vasopresina (Hormonul antidiuretic ADH) 17. Oxitocina 18. Factorul de creştere epidermal 19. Prolactina 20. Bombestina 21. Motilina 22. Peptidul histidin-izoleucina (PHI) 23. Peptidul histidin-metionina 24. Secretina 25. Neuropeptidul Y (NPY) 26. Peptidul YY 27. Polipeptidul pancreatic 28. Hormonul eliberator de hormon de creştere (STHRH) 29. Neurokinina A (substanţa K) 30. Neurokinina B 31. Interferonul 32. Interleukina 33. Timozina
5.	Diverse 1. Nucleotidele: adenozina, adenozintrifosfatul (ATP) 2. Prostaglandinele (prostaglandina E)

Dintre mediatorii chimici şi neuromodulatorii cuprinşi în tabelul de mai sus, au fost identificaţi ca fiind implicaţi în procesele afective următorii: aceticolina, dopamina, noradrenalina, adrenalina, serotonina, histamina, aspartatul, glutamatul, acidul gamma-aminobutiric, endorfinele şi encefalinele.

Acetilcolina (Ach)

Acetilcolina este unicul mediator colinergic, fiind sintetizată în neuron din colină şi acetil coenzima A şi stocată la nivelul butonilor terminali ai componentei presinaptice. Eliberarea acetilcolinei din veziculele sinaptice se face prin spargerea acestora când potenţialul de acţiune ajunge la nivelul terminaţiilor neuronale şi o cantitate

suficientă de ioni de calciu pătrunde în celulă producând destabilizarea veziculelor. Astfel se produce fuziunea membranei veziculare cu cea terminală şi expulzia câtorva sute de cuante de molecule de acetilcolină.

Rolul Ach la nivelul sinapsei este de a participa la formarea complexului acetilcolină-receptor <Ach-R>. Prin formarea *complexului acetilcolină-receptor* are loc activarea receptorilor postsinaptici. După activarea acestor receptori, Ach este eliberată, fiind apoi degradată de acetilcolinesterază, rezultatul final fiind eliberarea colinei, care va fi recuperată în butonii terminali şi reutilizată pentru sinteza Ach.

Acetilcolina este implicată în special în procesele perceptive şi în memoria de lucru. Acţiunea acetilcolinei poate fi izolată, exercitând efecte de tip colinergic, dar şi corelată cu a altor neurotransmiţători. In particular prezintă importanţă interacţiunea dintre acetilcolină, somatostatină şi acidul gamma-aminobutiric, la nivelul structurilor hipocampice, amigdaliene şi neocorticale (somatostatina facilitează efectul acetilcolinei şi al acidului gamma-aminobutiric) (Bloom, 1995).

Dopamina (DA), noradrenalina (NA) şi adrenalina

Dopamina, noradrenalina şi adrenalina formează grupul catecolaminelor (amine biogene a căror structură biochimică este formată dintr-un inel catecolic şi o grupare aminică) fiind clasificate din punct de vedere neurofiziologic în categoria simpatomimeticelor adrenergice. Acţiunea catecolaminelor se exercită la nivelul sinapselor neuroefectoare simpatice fie direct (noradrenalina, adrenalina) prin activarea receptorilor adrenergici, fie indirect (dopamina), prin influenţarea metabolismului mediatorilor chimici.

Toate cele trei catecolamine acţionează atât la nivel central, cât şi la nivel periferic. Efectele asupra proceselor afective în general şi asupra anxietăţii în particular se explică prin acţiunea generală de tip adrenergic pe care catecolaminele o exercită la nivelul sinapselor din SNC.

Dopamina, noradrenalina şi adrenalina sunt biosintetizate la nivelul veziculelor sinaptice, fiind eliberate în fanta sinaptică în momentul când potenţialul de acţiune ajunge la nivelul sinapsei. Eliberarea catecolaminelor în fanta sinaptică permite acţiunea acestora asupra

receptorilor membranari postsinaptici.

Efectul neuromodulator al catecolaminelor se explică prin influenţa pe care catecolaminele o exercită asupra răspunsului receptorilor postsinaptici la acţiunea altor mediatori chimici care acţionează mai rapid. Intârzierea sinaptică este mai mare la sinapsele adrenergice, comparativ cu cele colinergice, fapt explicat prin activarea receptorilor postsinaptici pentru catecolamine prin mecanismul celui de-al doilea mesager (AMPc).

In ceea ce priveşte rolul DA în anxietate, acţiunea acesteia este indirectă, în sensul că, în condiţiile disstresului DA determină mobilizarea resurselor motivaţionale şi facilitează achiziţia de strategii de coping. (Noyes şi Hoehn-Saric, 1998).

Noradrenalina (NA) are rol de mediator sinaptic la nivelul sistemului nervos vegetativ simpatic, dar are rol şi de neurotransmiţător la nivelul SNC. Activitatea NA este legată de nucleul locus coeruleus al trunchiului cerebral. Intrarea în activitate a acestui nucleu produce efecte de tip anxiogenetic (prin creşterea nivelului de arousal şi intensificarea discriminării senzoriale), în timp ce diminuarea activităţii lui locus coeruleus are efecte de tip anxiolitic. Locus coeruleus este conectat neurofiziologic cu zone ale SNC implicate în controlul proceselor afective, ca de exemplu: măduva spinării, alte zone ale trunchiului cerebral, cerebel, zonele hipocampice, cortex. Având în vedere conexiunile pe care locus coeruleus le are cu nucleul paragigantocelular şi cu nucleii rafeului dorsal, acesta şi prin urmare şi NA sunt direct implicaţi în fiziopatologia anxietăţii. Participarea NA la modularea proceselor afective şi la patogeneza anxietăţii este demonstrată şi de efectele exercitate asupra receptorilor noradrenergici localizaţi la nivelul nucleului locus coeruleus de diverse substanţe, cum sunt: clonidina, yohimbina, opiaceele, benzodiazepinele. Efecte de tip anxiolitic sunt produse de substanţe care reduc activitatea lui locus coeruleus (benzodiazepinele, opiaceele şi clonidina), în timp ce efectele anxiogenetice sunt produse de substanţe care intensifică activitatea în locus coeruleus (yohimbina). In general nivelul de activitare al lui locus coeruleus este ridicat în activităţi care necesită participarea

atenţiei (comportamentul de căutare, activităţi specifice la nivel de performanţă). Un nivel de activare foarte ridicat este corelat cu atacurile de panică.

Adrenalina nu este un mediator chimic foarte răspândit, activitatea ei fiind mai degrabă de *hormon al medulosuprarenalei*. Totuşi, având în vedere integrarea sistemică neurohormonală a organismului, precum şi participarea sa la metabolismul comun al catecolaminelor, trebuie precizat că şi adrenalina exercită efecte de tip adrenergic, inclusiv asupra SNC.

Pe lângă implicarea lor activă în fiziologia proceselor afective catecolaminele sunt implicate şi în controlul funcţiilor altor aparate şi sisteme: sistemul muscular, sistemul endocrin, sistemul cardiovascular, sistemul digestiv, aparat renal, organe sexuale.

Verificaţi-vă cunoştinţele:

1. Enumeraţi mediatorii chimici implicaţi în fiziopatologia proceselor emoţionale.
2. Care este rolul complexului acetilcolină-receptor?
3. Cum se explică efectul neuromodulator al catecolaminelor?

Curs 11

Modelul endocrin şi modelul dereglării ritmurilor biologice în fiziopatologia proceselor afective

Modelul endocrin s-a dezvoltat ca urmare a observaţiilor clinice referitoare la frecvenţa mare de corelare a simptologiei endocrine cu cea a tulburărilor afective, precum şi ca urmare a legăturilor anatomice şi fiziologice bine cunoscute între sistemul nervos şi sistemul endocrin.

Observaţia că nivelul cortizolului plasmatic este ridicat la pacienţii depresivi a fost folosită ca argument pentru acest tip de teorii. Creşterea nivelului cortizolului plasmatic este o reacţie normală la stres. Observarea nivelului crescut de cortizol la pacienţii depresivi, în absenţa simptomatologiei de stres a stat la baza utilizării acestei variabile ca marker al depresiei. A fost elaborat astfel testul de supresie la dexametason: administrarea dexametasonei la indivizii

normali produce supresia secreţiei de cortizol timp de 24 de ore, în timp ce la 30% până la 70% din depresivi dexametasona nu are acest efect. Ulterior s-a obiectat că acest test nu prezintă specificitate, deoarece există un mare număr de condiţii patologice asociate cu absenţa supresiei menţionate, iar testul este afectat de situaţii diverse, ca de exemplu consumul de alcool, utilizarea unor medicamente sau vârsta înaintată.

O altă glandă endocrină a cărei activitate disfuncţională a fost corelată cu simptomatologia depresivă este glanda tiroidă. Studiile concentrate în această direcţie au sugerat posibilitatea corelaţiei între hipotiroidism şi depresie. Hipofuncţia tiroidiană poate determina simptome cum ar fi mimica depresivă, iar tratarea hipotiroidismului poate ameliora simptomatologia depresivă.

Este acceptată existenţa unui număr de metaboliţi ai sistemului endocrin ale căror valori sunt perturbate în tulburările afective: insulina, hormonii de creştere, somatostatinul, prolactina şi endorfinele. Metabolismul acestora este corelat cu acela al sistemului monoaminelor.

De asemenea s-a demonstrat afectarea funcţionării unor componente ale sistemului endocrin în tulburările emoţionale. Dereglările endocrine la nivelul axului hipotalamo-hipofizo-suprarenal, hipotalamo-hipofizo-tiroidian, modificările valorilor STH-ului şi al prolactinei prezente în aceste tulburări sunt argumente ale teoriilor explicative de nuanţă endocrină.

Cercetările de ultimă oră se concentrează asupra aspectelor moleculare ale relaţiei dintre sistemul nervos şi sistemul endocrin.

Zhang (*2002*) *a reuşit să aducă dovezi că receptorii serotoninici de tip 5-HT2a localizaţi la nivelul nucleului paraventricular hipotalamic mediază răspunsul endocrin produs de injectarea periferică a agonistului receptorului 5-HT2a/2c. Antagonistul receptorului 5-HT2a* (*MDL100,907*) *şi antagonistul receptorului 5-HT2c* (*SB-242084*) *au fost injectaţi bilateral la nivelul nucleilor hipotalamici paraventriculari cu 15 minute înainte de injectarea periferică a agonistului receptorului 5-HT2a/2c. Agonistul receptorului 5-HT2a/2c determină o creştere semnificativă a nivelului plasmatic al oxitocinei, prolactinei, ACTH-ului,*

corticosteronului şi reninei. Niciunul din antagoniştii receptorilor 5-HT2a sau 5-HT2c injectaţi separat nu modifică valorile plasmatice ale unuia din hormonii menţionaţi. Antagonistul receptorului 5-HT2a (*MDL100,907*) *inhibă în mod independent creşterea nivelului plasmatic al hormonilor menţionaţi produsă de injectarea periferică a agonistului receptorului 5-HT2a/2c. In mod diferit, antagonistul receptorului 5-HT2c* (*SB-242084*) *nu are niciun efect de inhibiţie a creşterii nivelului plasmatic al hormonilor enumeraţi, produsă de injectarea periferică a agonistului receptorului 5-HT2a/2c. Pentru a confirma suplimentar prezenţa receptorilor 5-HT2a la nivelul nucleului hipotalamic paraventricular, aceşti receptori au fost marcaţi prin procedee imunohistochimice. Astfel a fost obţinută şi confirmarea imagistică a prezenţei receptorilor serotoninici de tip 5-HT2a la nivelul nucleului hipotalamic paraventricular. Această cercetare este considerată ca fiind una din cele mai recente care au reuşit să demonstreze prezenţa receptorilor serotoninici de tip 5-HT2a la nivelul celulelor neuroendocrine hipotalamice, oferind dovezi ferme precum şi modele moleculare explicative referitoare la modul în care sistemele endocrin şi nervos sunt implicate reciproc şi corelat în fiziopatologia tulburărilor emoţionale.*

Funcţionarea corelată a sistemului endocrin împreună cu celelalte sisteme (nervos, imun, metabolic, psihic) a putut fi demonstrată experimental prin manipulare genetică. Producerea experimentală a unor mutaţii genetice şi studierea consecinţelor asupra sistemelor endocrin, metabolic, imun, nervos, psihic a permis înţelegerea modului în care aceste sisteme cooperează pentru a asigura funcţionarea optimă a organismului, precum şi înţelegerea determinării genetice a acestor procese.

O cercetare experimentală relevantă în acest sens este cea realizată de Tronche (1999). Modelul experimental realizat a constat în producerea unei mutaţii la şoareci, mutaţie constând în inactivarea genei Gr11. Gena Gr11, descrisă anterior acestui experiment este gena considerată responsabilă de codarea receptorilor pentru glucocorticoizi Gr.

Rolul glucocorticoizilor este binecunoscut, ei mediind răspunsul

endocrin, metabolic, imun, nervos, psihic la acţiunea unor variaţi stimuli, inclusiv stimuli potenţial stresogeni. Inactivarea genei Gr11 are drept consecinţă pierderea funcţiei receptorilor Gr, consecinţa fiind creşterea nivelului de glucocorticoizi, ceea ce determină apariţia unei simptomatologii de tip sindrom Cushing. Consecinţele inactivării genei Gr11 sunt însă evidente şi asupra comportamentului emoţional, observaţia fiind că şoarecii mutanţi au un comportament inadecvat la stres, precum şi o reducere a nivelului de anxietate, evaluat în situaţii controlate experimental.

Modelul experimental realizat a permis echipei condusă de Tronche să argumenteze rolul genei Gr11 în condiţionarea genetică a metabolismului glucocorticoizilor, precum şi rolul receptorilor Gr în controlul comportamentului emoţional de tip anxios.

Un alt set de teorii explicative biologice atenţionează asupra rolului dereglărilor ritmurilor biologice.

Modelul dereglării ritmurilor biologice a fost pus la punct prin studierea tulburărilor somnului, cu ajutorul EEG în stare de veghe şi de somn, observându-se în special modificările în timpul fazelor de somn REM şi somn nonREM, corelate cu tulburările emoţionale în general şi cu depresia în particular. Ciclurile REM par a fi perturbate, iar durata totală de somn REM este o variabilă acceptată ca element de diagnostic diferenţial al depresiei. De asemenea s-a observat o scurtare a perioadei de timp de la adormire până la prima fază de somn REM. Această perioadă, de aproximativ 90 de minute pentru subiecţii normali, este semnificativ redusă în cazul persoanelor depresive, valorile sale fiind un marker biologic acceptat pentru diagnosticul depresiei.

Studiile mai recente pun în relaţie tulburările afective cu tulburări ale mişcărilor oculare, precum şi cu schimbarea caracteristicilor potenţialelor evocate. Tulburările mişcărilor oculare au fost măsurate prin electrooculogramă, iar schimbarea caracteristicilor potenţialelor evocate a fost măsurată la ambele emisfere, la nivelul zonelor corticale frontale şi parietale posterioare. Aceste modificări au fost interpretate ca fiind datorate întreruperilor fazice involuntare în focusarea atenţiei vizuale.

Ciclurile biologice sunt funcţionale la intervale de timp diferite. Astfel, există activităţi neuroendocrine, neurofiziologice, de termoreglare care au o ciclicitate la 24 de ore (cum ar fi de exemplu somnul). Alte ritmuri biologice operează cu o ciclicitate mai scurtă (cum sunt de exemplu ciclurile de somn de 90 de minute, dar şi alimentaţia), sau mai lungă (cicluri de câteva luni, sau un an). Toate ciclurile biologice sunt perturbate în tulburările emoţionale.

Posibilitatea evoluţiei clinice a tulburărilor afective sub forma episoadelor depresive cu ciclicitate sezonieră (aşa numitele tulburări afective sezoniere), precum şi intercalarea acestor episoade depresive cu perioade de eutimie sau de manie este un argument bazat pe observaţie clinică în sprijinul ideii de ciclicitate a tulburărilor emoţionale.

Cercetările asupra rolului ritmurilor biologice trebuie corelate cu cercetările asupra stresului ca factor favorizant al tulburărilor emoţionale. In condiţiile societăţii contemporane şi al stilului de viaţă din zilele noastre, există o corelare puternică a ritmurilor biologice cu cele sociale. Ritmurile biologice sunt semnificativ determinate de evenimente de viaţă cu conotaţii sociale relevante. Perturbarea acestor ritmuri sociale, în diverse moduri, cum ar fi prin schimbări în relaţiile interpersonale, prin pierderea unor persoane semnificative, prin creşterea solicitărilor sau prin schimbări ale tipului de sarcini poate avea drept consecinţă directă instabilitatea ritmurilor biologice şi favorizarea precipitării debutului sau reapariţiei simptomatologiei distimice.

Existenţa bio-psiho-ritmurilor (somn, alimentaţie, etc) trebuie corelată cu existenţa ritmurilor psiho-socio-antropologice (care corespund perioadelor de muncă, odihnă, vacanţe, sărbători). Un aspect important pentru practica clinică este necesitatea de a corela aceste ritmuri cu rezistenţa sau vulnerabilitatea la diferite tulburări psihice.

In ceea ce priveşte fiziopatologia proceselor afective, există argumente clinice semnificative referitoare la perturbarea ritmurilor. Oscilaţiile periodice ale ritmurilor pot determina perioade de vulnerabilitate crescută, creşterea circumstanţială a vulnerabilităţii

putând precipita debutul unor tulburări afective. Evoluţia în sine a patologiei în general, şi a celei psihice în particular este de tip ciclic.

Acest model a beneficiat şi de valorificare terapeutică, fiind puse la punct scheme de terapie a depresiei care cuprindeau, pe lângă alte modalităţi de intervenţie şi expunerea pacientului la lumină artificială (fototerapie), conform unor reprize precis stabilite, precum şi deprivarea de somn. Utilitatea fototerapiei a fost demonstrată în special în abordarea terapeutică a tulburărilor afective sezoniere.

Verificaţi-vă cunoştinţele:

 Care sunt structurile sistemului endocrin implicate în coordonarea proceselor emoţionale?

 In ce constă modelul dereglării ritmurilor biologice?

i)

ii) Cursul 12

Modelul genetic în fiziopatologia proceselor afective

Modelul genetic vizează explicarea rolului factorilor genetici în etiologia şi fiziopatologia tulburărilor emoţionale. Conform unui studiu al Departamentului de Psihologie al Universităţii Southampton (www.psychology.soton.ac.uk) implicarea factorilor genetici în geneza tulburărilor emoţionale în copilărie şi adolescenţă este neclară. Un model constant, care identifică factorii genetici consideraţi răspunzători pentru vulnerabilitatea la depresie şi anxietate în condiţiile controlului experimental al factorilor de risc (cum ar fi de exemplu pierderea unor persoane dragi, respectiv evenimente considerate ameninţătoare) a fost elaborat de Eley şi Stevenson (1999, 2000). Acest model îşi propune să determine ce forme de tulburări emoţionale se exprimă în fenotip şi care este legătura lor cu tulburările considerate cauzale localizate la nivelul genotipului.

Anagnostaras, Craske şi Fanselow (1999) susţin că tulburările de anxietate se pot explica prin intervenţia unui factor de risc genetic: un răspuns deficitar la acţiunea GABA (neuroransmiţător inhibitor). Modificarea activităţii receptorului GABAa a fost obţinută prin mutaţie genetică asupra şoarecilor utilizaţi în acest experiment. Tulburările caracterizate prin anxietate excesivă se tratează cu benzodiazepine, cum ar fi de exemplu Valium, care se leagă de subunitatea alfa a

receptorilor GABAa, determinând o creştere a inhibiţiei. Studiile care au demonstrat o funcţionare deficitară a receptorilor GABA în tulburările anxioase au arătat că pacienţii cu tulburări de anxietate se caracterizează printr-o reducere a răspunsului la acţiunea agoniştilor de tipul benzodiazepinelor şi printr-o creştere a răspunsului la acţiunea antagoniştilor. Studiile de imagistică cerebrală au demonstrat o scădere a răspunsului receptorilor de benzodiazepină în anumite zone corticale la pacienţii cu atacuri de panică. In special două zone (amigdala şi hipocampul) sunt implicate, prin intermediul receptorilor de tipul GABAa în medierea neurochimică a acestor procese.

Funcţionarea deficitară a receptorilor GABAa în tulburările de anxietate a fost demonstrată prin existenţa unui deficit al receptorilor GABAa la nivelul hipocampului, parahipocampului şi cortexului orbitofrontal la şoareci la care prin mutaţie a fost produsă experimental o modificare a subunităţii alfa2 a receptorilor GABAa. Prin deleţia genei care codifică subunitatea alfa2 a receptorilor GABAa s-au obţinut şoarecii alfa2. Soarecii alfa2 reprezintă, în opinia autorilor citaţi un model genetic explicativ pentru tulburările anxioase. Mutaţia genetică produsă experimental la nivelul subunităţii alfa2 a receptorilor GABAa se exprimă fenotipic printr-un comportament caracterizat prin evitarea selectivă a stimulilor cu caracter de nou, interpretaţi ca având potenţial agresogen. Conform acestor cercetări mutaţia produsă determină o alterare a funcţionării circuitelor GABAergice la nivelul zonelor hipocampice şi corticale.

Demonstrarea controlului emoţionalităţii prin producerea unor mutaţii experimentale la şoareci a fost realizată şi de Bilkei-Gorzo (2002). In modelul experimental amintit a fost realizată prin mutaţie deleţia genei Tac1. Gena Tac1 este implicată în codarea a două neuropeptide: substanţa P şi neurokinina A. Studiind comportamentul şoarecilor mutanţi Tac1, autorii au putut observa o reducere a comportamentului anxios, precum şi o intensificare a comportamentului explorativ şi de interacţiune socială în situaţii controlate experimental. Aceste rezultate sunt interpretate de autorii citaţi ca argumente relevante pentru susţinerea rolului important pe care tahikininele îl au ca medulatori ai proceselor emoţionale.

Rolul factorilor genetici în geneza tulburărilor emoţionale nu a fost demonstrat numai prin extrapolarea modelelor experimentale de la animale la om, ci şi prin studiul mutaţiilor genetice la fiinţa umană. O cercetare relevantă în acest sens este cea realizată de Gratacos (2001) care a studiat prin metoda analizei citogenetice cariotipul unui grup experimental de pacienţi cu tulburări de anxietate, identificând prezenţa unei mutaţii la nivelul cromozomului 15. Mutaţia constă într-o duplicare genomică polimorfă a cromozomului 15. Genele mutante sunt gena NTRK3, responsabilă de codarea receptorului pentru neurotrofina 3 şi alte trei gene răspunzătoare de codarea unor subunităţi ale receptorului pentru nicotin-acetilcolină. Mutaţia localizată la nivelul cromozomului 15 este considerată ca fiind factor cauzal pentru tulburările anxioase (atacuri de panică şi fobii) diagnosticate clinic la pacienţii cuprinşi în studiu.

Atenţia deosebită acordată de cercetările recente mecanismelor biologice implicate în determinarea depresiei este demonstrată şi de includerea în sistemele de clasificare ale DSM IV a unor paragrafe referitoare la markerii biologici ai tulburărilor emoţionale. Subiectul rămâne deschis, iar probabil dezvoltarea în continuare a tehnologiilor de evaluare a acestor markeri va aduce noi date care ar putea susţine empiric ipotezele neurotransmiţătorilor, ipotezele endocrine şi ipotezele referitoare la ritmurile biologice. In momentul de faţă ipoteza unui marker biologic specific pentru o tulburare emoţională nu este agreată, mai plauzibilă fiind ipoteza unui profil biologic şi clinic.

iii) Cursul 13

Teorii şi dimensiuni ale proceselor afective

Teoria intelectualistă

Reprezintă una din primele încercări de a studia procesele afective. Conform acesteia stările afective sunt consecinţa acordului sau dezacordului între reprezentări, acordul între reprezentări generand bucurie, iar dezacordul tristeţe. In prezent este considerată reducţionistă.

Teorii fiziologice periferice

Cea mai cunoscută din acest grup este *teoria lui James şi Lange*. Aceştia propun modificarea succesiunii cauzale clasice: stimul →

percepţia stimulului → emoţia → expresia emoţiei (mimică, modificări fiziologice, comportament) în următoarea succesiune cauzală: stimul → percepţia stimulului → expresia emoţională → emoţia. Din punct de vedere fiziologic această succesiune are loc astfel: stimul → percepţia stimulului → excitaţia reflexă a organelor interne şi a musculaturii striate → perceptia reacţiilor viscerale şi somatice (emoţia). Sursa emoţiilor este reprezentată, conform teoriei lui James şi Lange de semnalele provenite de la viscere şi muşchi ce vor fi prelucrate la nivelul scoarţei cerebrale ca senzaţii. Trăirile emoţionale sunt analogate deci unor cenestezii somatice.

Teoria lui james şi Lange este numită periferică deoarece reduce afectivitatea la senzaţii periferice şi periferică deoarece argumentează rolul reacţiilor fiziologice în geneza trăirilor afective. Emoţia (ca fapt psihic integrat la nivelul scoarţei cerebrale) este generată, conform lui James şi Lange de feedback-ul modificărilor organice (somatice şi vegetative).

Teoria lui James şi Lange a fost infirmată tot de cercetările fiziologice, care au arătat experimental că producerea unor modificări neurovegetative prin stimularea SNV cu adrenalină nu determină trăiri emoţionale. Ceea ce astăzi este acceptat din această teorie este posibilitatea influenţării proceselor afective prin modificări la nivelul SNV, fapt argumentat experimental: administrarea de blocante betaadrenergice (de exemplu propranolol) determină ‘cuparea’ trăirilor emoţionale.

Teorii fiziologice centrale

Acest grup de cercetări reconsideră rolul formaţiunilor subcorticale şi corticale în geneza proceselor afective.

Teoria lui Cannon şi Bard, cunoscută şi sub numele de teoria talamică a emoţiilor ia în considerare rolul talamusului şi al conexiunilor talamo-corticale în geneza proceselor afective. Conform acestei ipoteze, modificările la nivelul SNV apar simultan cu trăirea emoţionalităţii, deci corelativ şi nu cauzal.

Teoria lui Papez şi MacLean susţine că şi alte regiuni ale SNC participă la desfăşurarea proceselor afective. Prezintă importanţă în acest sens conexiunile cortico-talamice, scoarţa cerebrală, precum şi

hipotalamusul. Hipotalamusul este centrul efector al expresiilor emoţionale (manifestarea emoţionalităţii prin modificarea parametrilor SNV şi prin modificări în plan comportamental.

Teoriile cognitiv-fiziologice

Acestea grupează cercetările care propun studiul afectivităţii din dublă perspectivă: neurovegetativă (rolul scoarţei cerebrale, talamusului, hipotalamusului, sistemului nervos vegetativ) şi cognitiv-socială (rolul procesării cogniţiilor, rolul modelării sociale a trăirilor emoţionale). Stările emoţionale sunt produsul interacţiunii între activarea fiziologică (definită prin activarea sistemului nervos vegetativ simpatic), aceasta fiind componenta emoţional nespecifică ce determină intensitatea procesului emoţional, respectiv integrarea la nivel psihic în plan psihologic a activării de tip fiziologic, aceasta fiind componenta emoţional specifică ce determină calitatea stării afective. Teoriile cognitiv-fizilogice susţin necesitatea abordării concomitente a informaţiei despre situaţia ce determină emoţia, a relaţiei persoanei cu această situaţie, precum şi a modificărilor vegetative şi comportamentale.

Dimensiuni ale proceselor afective

Analiza proceselor afective din punctul de vedere al derulării lor cuprinde mai multe nivele: modificările neurovegetative, expresia comportamentală, precum şi nivelul trăirii afective ca fapt psihic.

Modificările neurovegetative care acompaniază desfăşurarea emoţionalităţii sunt consecinţa participării sistemului nervos vegetativ, prin cele două componente ale sale: sistemul nervos vegetativ simpatic şi sistemul nervos vegetativ parasimpatic, dar şi a sistemului endocrin. Efectele sunt vizibile la nivelul aparatelor, sistemelor şi mediilor interne ale organismului (sistemul cardiovascular, sistemul respirator, sistemul digestiv, sistemul muscular, constante sanguine).

Modificările comportamentale sunt observabile prin analiza gesticii, mobilităţii sau imobilităţii corporale, expresiei faciale, expresiei vocale.

Analiza trăirii afective ca fapt psihic trebuie realizată în funcţie de sensul, intensitatea şi stabilitatea proceselor afective. După sensul lor

procesele afective pot fi clasificate în pozitive sau negative. Intensitatea se referă la amplitudinea ecoului psihic şi comportamental pe care procesul afectiv respectiv îl generează. Stabilitatea se referă la persistenţa în timp a unei trăiri afective de un sens, respectiv intensitate stabilite.

Verificaţi-vă cunoştinţele:

1. Cum a fost demonstrată funcţionarea deficitară a receptorilor GABAa în tulburările de anxietate?

2. Cum a fost aplicată metoda analizei citogenetice a cariotipului pentru a obiectiva prezenţa unor tulburări de anxietate?

3. Care sunt dimensiunile proceselor afective?

4. În ce constă teoria lui James şi Lange?

5. În ce constau teoriile cognitiv-fiziologice?

Curs 14

Elemente ale fiziologiei[1] învăţării şi unele consecinţe didactice

Din punct de vedere fiziologic, prin învăţare se înţelege facilitarea unor circuite neuronale, cu stabilirea, pe baza experienţei anterioare sau a observaţiei, a unui nou tip de răspuns sau comportament. Fără învăţare şi memorie nici indivizii, nici speciile n-ar putea supravieţui.

Unul dintre cele mai simple modele de învăţare este *reflexul condiţionat*, pus în evidenţă experimental şi explicat de I.P. Pavlov. Reflexele condiţionate se obţin prin asocierea unui stimul indiferent cu un stimul absolut, ce comandă o reacţie vegetativă sau motorie. Prin fixarea reflexului condiţionat stimulului indiferent i se atribuie o nouă semnificaţie, câştigă un alt conţinut. Pavlov considera că noile conexiuni funcţionale apărute după formarea reflexului condiţionat se stabilesc transcortical, între proiecţiile pe scoarţa cerebrală a celor doi stimuli. De la cercetările întreprinse de Pavlov, s-au făcut unele progrese în interpretarea mecanismului de producere a reflexelor condiţionate. Cercetări de electrofiziologie au evidenţiat că procesul de învăţare a unui reflex condiţionat se însoţeşte de o activitate electrică

---

[1] sinteză şi adaptare după: N. R. Carlson, 1986, p. 542-610, M. Dorofteiu, 1992, p. 151-159

intensă în formaţia (substanţa) reticulară (în consecinţă, considerată locul de convergenţă a impulsurilor în cursul condiţionării), evidenţiindu-se astfel intervenţia regiunilor subcorticale în stabilirea reflexelor condiţionate.

Învăţarea necesită în primul rând intervenţia unui mecanism de selectare a informaţiei, adică de comparare a informaţiilor recente cu cele câştigate anterior. Sunt reţinute doar acele informaţii care nu au mai fost stocate în creier. *Memoria* – capacitatea sistemului nervos de a fixa, recunoaşte şi evoca informaţia – constituie etapa finală a învăţării. Dintre nenumăratele informaţii pe care le recepţionează organismul, numai o mică parte sunt depozitate în creier, putând fi ulterior readuse în conştiinţă şi reutilizate în reacţii motorii sau în procesul gândirii. Foarte multe dintre infirmaţii, odată stocate, se uită. Aceste două mecanisme – de selectare şi de uitare – protejează sistemul nervos de 'inundarea' cu informaţii. Pentru depozitarea unui bit de informaţie sunt necesari aproximativ 10 neuroni. Capacitatea de stocare a sistemului nervos la om este suficientă pentru depozitarea permanentă a aproximativ 1% din informaţiile care apar în lumina conştiinţei. La un om anesteziat sau supus hipotermiei se constată că informaţiile stocate cu ani în urmă nu se şterg întrucât au fost impregnate în neuroni. Informaţia conservată în sistemul nervos lasă urme la nivelul neuronilor care învaţă: îi modifică structural (creşte numărul de dendrite) şi funcţional (fizic, biochimic) şi creşte numărul de conexiuni sinaptice cu cât stimulările asociate cu învăţarea sunt mai susţinute (N. R. Carlson, 1986, p. 610, M. Dorofteiu, 1992, p. 151).

Consecinţe didactice directe ale acestor date ale fiziologiei învăţării:

(1) *Învăţarea eficientă presupune stimularea permanentă a creierului*, *provocarea constantă*, *antrenarea consecventă a neuronilor cu impulsuri date de experienţe de învăţare noi*; *acestea vor constitui noi structuri mnezice prin corelare cu informaţiile mai vechi*.

În trecut se considera că rolul esenţial în depozitarea informaţiei îl are scoarţa cerebrală. S-au făcut cercetări care urmăreau să stabilească ce părţi din scoarţa cerebrală sunt implicate în procesul de memorare şi măsura în care formaţiunile subcorticale participă la aceste procese. Încă din primele decenii ale secolului trecut s-a demonstrat

experimental că depozitarea informaţiei nu se face numai la nivel cortical ci şi în formaţiunile subcorticale (substanţa reticulată).

În scoarţa emisferelor cerebrale, alături de zona motorie şi zonele senzitive şi senzoriale (occipitale, temporale) există şi *zone de asociaţie* implicate în depozitarea informaţiilor (prefrontală, temporală).

La om, lezarea scoarţei prefrontale de asociaţie determină pierderea capacităţii de a se concentra, de a urmări cu consecvenţă o succesiune de idei, de gânduri. De aceea persoana are dificultăţi în fixarea atenţiei, fugă de idei, fantezii puerile, instabilitate emoţională cu oscilaţii rapide de la starea de veselie la tristeţe. Există şi o lipsă de iniţiativă (inerţie psihică) şi o deficienţă în planificarea acţiunilor. Tulburările de memorie pentru evenimentele recente (dar nu şi pentru cele din trecutul mai îndepărtat) existente la aceste persoane se explică prin imposibilitatea păstrării informaţiei un timp suficient pentru a fi depozitată.

Capacitatea ariilor prefrontale de a înmagazina, chiar temporar, mai multe informaţii şi de a le readuce rând pe rând în conştiinţă este necesară pentru elaborarea unor raţionamente logice, pentru rezolvarea problemelor cu conţinut matematic, filosofic etc. sau pentru trasarea planurilor de viitor şi controlul activităţilor proprii în acord cu normele morale şi sociale.

Se consideră că memoria care implică mai multe tipuri de informaţii senzoriale se depozitează, cel puţin în parte, în *zona de asociaţie temporală*. Experienţe de stimulare a lobului temporal la om determină halucinaţii vizuale şi auditive, declanşează amintiri foarte vii. Alteori stimularea (experimentală) face ca persoana să se simtă străină într-un mediu familial sau, dimpotrivă, într-o ambianţă străină să manifeste impresia de familiaritate (fenomen numit *déjà vu*). În condiţii normale, calificarea ambianţei ca familiară sau necunoscută serveşte unei mai bune adaptări la mediu. Într-un mediu cunoscut are loc o relaxare a individului, iar într-un mediu străin se instalează o stare de alertă.

(2) *Este nevoie de producerea de variaţii în ceea ce priveşte gradul de familiaritate a condiţiilor / situaţiilor de învăţare propuse elevilor*, *ca*

premisă a declanşării atenţiei corticale şi a asigurării retenţiei acesteia faţă de sarcina de lucru.

Lobul temporal este o regiune a creierului din care informaţia recentă este transferată şi depozitată în alte zone, având rolul de a deschide circuite de comparaţie şi asociaţie între aferenţe (impulsuri, informaţii noi) şi datele memorate.

Din punct de vedere fiziologic se face diferenţierea între cel puţin două stadii de memorizare:

— memoria de scurtă durată – senzorială şi primară – ambele efemere, uşor de dezorganizat, şi

— memoria de lungă durată, secundară, mult mai stabilă.

În cazul stimulilor senzoriali, de exemplu cei vizuali, depozitaţi pentru câteva sute de milisecunde în receptorii senzoriali, uitarea începe imediat după câştigarea informaţiei; semnalele senzoriale vechi sunt înlocuite cu semnale mai noi, în mai puţin de o secundă.

Transferul informaţiei de la receptori într-o formă de memorie mai durabilă se face pe două căi: prin codificare verbală a datelor senzoriale (învăţare declarativă), fenomen întâlnit mai frecvent la adult şi printr-o cale neverbală (învăţare nedeclarativă) prezentă la copiii mici şi la animale.

Datele noi, codificate verbal, sunt stocate temporar în memoria de scurtă durată numită *memorie primară* (memorie declarativă). Capacitatea sa de recepţie a informaţiei este mai mică decât a memoriei senzoriale. Deoarece sistemul nervos prelucrează conţinutul informaţiei şi informaţiile stocate temporar sunt înlocuite cu altele noi, durata medie de persistenţă a datelor din memoria primară se limitează la câteva secunde. Un exemplu deja consacrat este reţinerea unui număr de telefon până la formarea lui, după care se uită, trecerea sa în memoria de lungă durată putând fi obţinută prin practică.

Se consideră că memoria de scurtă durată are ca substrat anatomo-fiziologic *circuitele reverberante* din scoarţa cerebrală, adică lanţuri neuronale multiple prin care informaţia recentă circulă continuu timp de câteva minute, până la o oră.

Pentru ca memoria de scurtă durată să devină de lungă durată, informaţiile – sub forma potenţialelor de acţiune – trebuie să circule în

lanţurile neuronale între l-4 ore, uneori mai mult. Prin urmare, există o perioadă de consolidare a memoriei, necesară transferului memoriei recente în memorie de lungă durată, în care urmele mnezice sunt vulnerabile. Practica, adică repetiţia atentă şi circulaţia corespunzătoare a informaţiei, facilitează trecerea de la memoria primară de scurtă durată (declarativă) la memoria de lungă durată secundară (nedeclarativă).

Informaţiile dificil sau imposibil de exprimat verbal – cum ar fi învăţarea unor acte de îndemânare motorie – se transferă direct din memoria senzorială în memoria secundară de lungă durată.

În depozitarea memoriei de lungă durată un rol important îl au *sinapsele* (legăturile funcţionale dintre neuroni) care facilitează trecerea informaţiei prin lanţurile neuronale. Pornind de aici, s-au dezvoltat două teorii (concepţii) care explică stocarea de durată a informaţiei la nivelul sistemului nervos.

Concepţia fizică, sinaptică, consideră că memoria de lungă durată apare în urma modificării numărului de sinapse dintre neuroni şi a dimensiunilor joncţiunilor sinaptice. Această concepţie a fost iniţiată de cercetările lui R. I. Cajal care, la începutul secolului trecut, a arătat că, odată cu îmbătrânirea, numărul sinapselor realizate de neuron creşte. Ulterior, cu ajutorul microscopului electronic, s-au putut evidenţia modificările morfologice ale structurii sinaptice consecutive unui proces de învăţare.

În timpul diferitelor solicitări funcţionale, anatomiştii au demonstrat că se produc şi modificări structurale ale *celulelor gliale*, care înconjoară neuronii, modificări care facilitează funcţionarea sinapselor, constituind astfel baza memoriei.

Concepţia chimică cu privire la substratul memoriei de lungă durată este însă cea mai acceptată (având originea în cercetările lui H. Hyden, în anii 1960-1962, urmate de o avalanşă de alte cercetări). În esenţă, aceasta arată că, după ce au loc procese de învăţare, în celulele nervoase stimulate se constată creşterea concentraţiei de ARN (acid ribonucleic). Experienţele au arătat că ARN stochează informaţia de lungă durată, având şi roluri în depozitarea informaţiei genetice, în sinteza de proteine şi anticorpi. Activitatea destul de intensă şi

suficient de îndelungată în circuitele neuronale conduce la schimbări în compoziţia ARN şi la sinteza unor proteine particulare, care oferă condiţii permanente de reactivare a circuitelor.

Există şi calcule care arată că 20 mg de ARN sunt suficiente pentru depozitarea tuturor informaţiilor unui om de cultură medie.

Depozitarea informaţiei depinde în mare măsură şi de asocierea unor *factori emoţionali*, *afectivi*. Semnalele indiferente, pe lângă care trecem, nu se depozitează în scoarţa cerebrală, spre deosebire de cele plăcute sau neplăcute care sunt reţinute datorită circuitelor neuronale care închid bucle şi în nucleii nervoşi de integrare afectivă.

(3) *Se învaţă mai bine dacă prin modul de organizare a învăţării şi prin conţinutul sarcinilor de lucru subiectul este stimulat în întreg registrul psihomotor şi i se solicită răspunsuri din câmpul emoţional*, *afectiv*.

În mod special, *angajarea afectivităţii prin evocarea experienţelor proprii şi explorarea emoţiilor*, *sensibilizarea faţă de tema de studiu prin descoperirea rezonanţelor sale afectiv-emoţionale – sunt demersuri care iniţiază şi însoţesc* (*motivează*) *într-un sens pozitiv învăţarea*.

Eforturile depuse pentru localizarea zonelor din creier în care s-ar face depozitarea informaţiei au arătat că atât regiunile corticale cât şi cele subcorticale au capacitate de memorare. Pe de altă parte, diferite forme de memorie necesită participarea unor porţiuni distincte din creier. Un proces particular de învăţare implică numai o anumită populaţie de neuroni şi lasă neuronii învecinaţi neafectaţi.

Studierea funcţiilor corticale a pus în evidenţă *specializarea emisferelor cerebrale*. Funcţiile corticale implicate în comunicarea cu alte persoane şi exprimate prin limbaj sau prin scris depind mai mult de emisfera dominantă. Prin intervenţia emisferei dominante are loc înţelegerea cuvintelor vorbite sau citite şi redarea ideilor în cuvinte sau în scris. Cealaltă emisferă, reprezentaţională, nu mai puţin dezvoltată, este specializată în percepţia senzorială şi artistică. Ea intervine, de pildă, în recunoaşterea persoanelor după fizionomie, a obiectelor după formă, a temelor muzicale după ritm şi melodie etc. Există prin urmare o specializare complementară a emisferelor cerebrale: emisfera dominantă "raţională", sediul raţionamentelor şi al

formării noţiunilor şi concepţiilor şi centru al comunicării cu ceilalţi şi cea de-a doua emisferă, intuitivă, "artistică", sediul percepţiilor şi reprezentărilor vizual-spaţiale, al imaginaţiei. Specializarea emisferelor cerebrale se face sub influenţa activităţii manuale: la dreptaci, care constituie 91% din populaţie, emisfera stângă este dominantă; la stângaci, în 30% din cazuri, domină emisfera dreaptă iar la restul, 70%, emisfera stângă.

(*4*) *Valorizarea predominantă a capacităţilor logico-matematice şi lingvistice în procesul de cunoaştere*, *în învăţământul public*, *înseamnă solicitarea sistematică doar a cortexului raţional şi neglijarea faptului că indivizii sunt diferiţi sub aspectul stilului cognitiv şi al modului de gândire*. *Învăţarea are loc şi avansează în mod diferit pentru că cei care învaţă sunt diferiţi sub aspectul modului de interconectare şi al relaţiei dominanţă-complementaritate la nivelul emisferelor cerebrale*.

Evenimentele comune în timpul învăţării sunt modificările în reţelele neuronale, *în special creşterea numărului de sinapse prin* "*antrenare*" (N. R. Carlson, 1986, p. 610). *Conform cercetărilor din neuroştiinţe* "*creierul este în continuu activ cât lucrează să integreze noi experienţe*, *să coreleze noile informaţii cu ceea ce se cunoaşte deja*" (M. Bocoş, 2002, p. 129). *Felul în care indivizii răspund la eforturile de activare a structurilor lor cognitive reprezintă însă o variabilă individuală*, *dependentă de constelaţia individuală a inteligenţelor*.

Pentru practica didactică semnificaţiile acestor concluzii ar putea fi cel puţin două, şi anume:

— sunt de dorit diferenţieri în organizarea situaţiilor de predare şi învăţare pentru a favoriza activarea întregului cortex, şi

— sunt de actualitate aplicaţiile didactice ale Teoriei Inteligenţelor Multiple dacă se urmăreşte valorificarea în învăţare a potenţialului tuturor inteligenţelor (în acepţiunea pluralistă, larg recunoscută în prezent a lui H. Gardner (1993).

BIBLIOGRAFIE

- Carlson, R. N. (1986) *Physiology of behavior*, 3rd ed., Allyn and Bacon Inc., USA
- Dorofteiu, M. (1992). *Fiziologie – coordonarea organismului uman*, Editura Argonaut, Cluj-Napoca

Gherghel, P. (2000). *Fiziologie cu elemente de comportament*, Casa Cărţii de Ştiinţă, Cluj-Napoca

Groza, P.P. (1991). *Fiziologie*, Editura Medicală, Bucureşti

Jolly, R.T. (1994) *The Color Atlas of Human Anatomy*, Harmony Books, N.Y.

Micle Horaţiu – *Suport de curs Anatomie şi fiziologie* IDD 2005-2006

Mogoş, Gh., Ianculescu, A. (nu este indicat anul apariţiei) *Compendiu de anatomie şi fiziologie*, Editura Ştiinţifică, Bucureşti

*** (2004) *Anatomia omului*, Atlas multimedia (CD), Syntagma Bucureşti

Facultativ:

Morris, D. (1991). *Maimuţa goală*, Ed. Enciclopedică, Bucureşti

Roşioru, C., Ardeleanu, G. (1996). *Integrarea şi coordonarea organismului uman* (*curs de fiziologie*), Editura Universităţii Baia Mare

Shepherd, G.M. (1983). *Neurobiology*, Oxford University Press, N.Y.

Bibliografia se găseşte la bibliotecile Facultăţilor de Biologie şi Geologie şi Psihologie şi Ştiinţe ale Educaţiei, la BCU şi în biblioteca personală a cadrului didactic.

Surse internet:

http://www.besthealth.com http://www.biology.eku.edu http://www.neuroguide.com http://www.pbs.org/wnet/brain http://psych.hanover.edu/Krantz/neurotut.html http://www.vh.org/Providers/Textbooks/BrainAnatomy/TOC.html http://www.pbs.org/wnet/brain http://www.vh.org/Providers/Textbooks/BrainAnatomy/TOC.html http://medstat.med.utah.edu/kw/hyperbrain/

http://www.cid.ch/DAVID/head.html http://www.neuroguide.com http://www.kumc.edu/instruction/medicine/anatomy/histoweb/